ISSN 0037-8437

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

AÑO 2018 - VOLUMEN 264 - Nº 4

SUMARIO Pág.

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

AÑO 2018 - VOLUMEN 264 - Nº 4

Indizada en Biodiversity Heritage Library, Smithsonian Institute (USA),
en el Natural History Museum Library (UK) y en la
Ernst Mayr Library de Harvard University (USA).



Avda. SANTA FE 1145
C1059ABF BUENOS AIRES - ARGENTINA
Correo Electrónico: sociedad@cientifica.org.ar
www.cientifica.org.ar

EX PRESIDENTES DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

1872-1874 Ing. Luis A. Huergo
1874-1875 Dr. Juan J. J. Kyle
1875-1877 Ing. Pedro Pico
1877-1878 Ing. Guillermo White
1878-1879 Ing. Luis A. Huergo
1879-1880 Dr. Valentín Balbín
1880-1881 Dr. Carlos Berg
1881-1882 Ing. Luis A. Huergo
1882-1883 Dr. Carlos Berg
1883-1885 Ing. Guillermo White
1885-1886 Ing. Luis A. Viglione
1886-1887 Dr. Estanislao S. Zeballos
1887-1889 Dr. Valentín Balbín
1889-1891 Dr. Carlos Maria Morales
1891-1892 Ing. Eduardo Aguirre
1892-1893 Dr. Juan J. J. Kyle
1893-1894 Ing. Carlos Bunge
1894-1895 Ing. Miguel Iturbe
1895-1896 Dr. Carlos Maria Morales
1896-1897 Dr. Angel Gallardo
1897-1898 Ing. Domingo Nocetti
1898-1900 Ing. Dr. Marcial R. Candiotti
1900-1901 Dr. Manuel B. Bahía
1901-1902 Dr. Carlos Maria Morales
1902-1903 Ing. Carlos Echagüe
1903-1904 Ing. Emilio Palacio
1904-1906 Dr. Carlos Maria Morales
1906-1908 Ing. Gral. Arturo M. Lugones
1908-1909 Ing. Otto Krause
1909-1910 Ing. Vicente Castro
1910-1911 Dr. Francisco P. Moreno
1911-1912 Ing. Vicente Castro
1912-1913 Gral. Dr. Agustín Alvarez
1913-1914 Ing. Santiago E. Barabino
1914-1915 Dr. Francisco P. Lavalle
1915-1917 Ing. Nicolás Besio Moreno
1917-1919 Dr. Carlos Maria Morales
1919-1923 Ing. Santiago E. Barabino
1923-1927 Ing. Eduardo Huergo
1927-1929 Ing. Nicolás Besio Moreno
1929-1933 Dr. Nicolás Lozano
1933-1937 Ing. Nicolás Besio Moreno
1937-1943 Ing. Jorge W. Dobranich
1943-1946 Dr. Gonzalo Bosch
1946-1949 Ing. José M. Páez
1949-1951 Ing. Dr. Eduardo María Huergo
1951-1956 Dr. Abel Sánchez Díaz
1956-1959 Dr. Eduardo Braun Menéndez
1959-1962 Ing. Pedro Longhini
1962-1964 Dr. Pablo Negroni
1964-1970 Ing. José S. Gandolfo
1970-1976 C. de Nav. Emilio L. Díaz
1976-1988 Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
1988-1989 Ing. Augusto L. Bacqué
1989-1992 Ing. Lucio R. Ballester
1993-1999 Dr. Arturo Otaño Sahores
1999-2001 Dr. Andrés O. M. Stoppani
2001-2005 Dr. Alfredo Kohn Loncarica
2005-2009 Dr. Jorge R. A. Vanossi
2009-2013 Dr. Angel Alonso
2013-2017 Dr. Eduardo A. Castro
2017-2019 Dr. Angel Alonso

BREVE INTRODUCCIÓN A LOS BOLETINES ELECTRÓNICOS DE LA SOCIEDAD CIENTÍFICA ARGENTINA Y SU IMPORTANCIA

Carlos Alfredo de Jorge

Sociedad Científica Argentina
Email: carlosdejorge@gmail.com

"La vida de los fallecidos perdura en la memoria de los vivos".
Marco Tulio Cicerón. Orationes philippicae in M. Antonium, 9, 5, 10.

RESUMEN

Como un aporte a la conmemoración del 150º aniversario de la fundación de la Sociedad Científica Argentina (SCA) presentamos resumidamente las biografías de aquellos hombres que la iniciaron y de los científicos que desde sus albores favorecieron su crecimiento a través de sus contribuciones hasta el inicio del siglo XX. Para ello se concibió -entre los otros valiosos aportes publicados en el Boletín Electrónico de la SCA- (editado de manera ininterrumpida desde el Instituto creado ad hoc), gran parte de las que aquí figuran. Aun cuando de manera resumida. Las hemos agrupado en la ocasión para ser conocidas a través de los Anales de la SCA con el fin de favorecer su divulgación. También se adjunta una breve bibliografía, que constituye sólo parte de la utilizada para esta investigación, que complementa la tarea emprendida, como una guía para otros estudiosos que gusten ahondar en estos temas.

PALABRAS CLAVE: Historia de la SCA en el siglo XIX, Boletín Electrónico de la SCA, evolución de las ciencias, biografías sintéticas, consideraciones adicionales.

ABSTRACT:

As a contribution to the commemoration of the 150th anniversary of the founding of the Argentine Scientific Society (SCA), we briefly present the biographies of the men who initiated it and of the scientists who, from their dawn, favored their growth through their contributions to the beginning of the twentieth century. To do so, it was conceived -among the other valuable contributions published in the SCA Electronic Bulletin- (published in an uninterrupted manner by the Institute created ad hoc), a large part of those listed here. Even when summarized. We have grouped them on the occasion to be known through the Annals of the SCA to promote its dissemination. Also attached is a brief bibliography, which is only

part of the one used for this research, which complements the task undertaken as a guide for other scholars who like to delve into these issues.

KEY WORDS: History of the SCA on the 19th century, Electronic Bulletin of the SCA, evolution of the sciences, synthetic biographies, additional considerations.

RÉSUMÉ:
Guise de contribution à la commémoration du 150e anniversaire de la fondation de la Société Scientifique Argentine (SCA), nous présentons les biographies des hommes qui ont initié et des scientifiques qui, aube leur, j'ai contribué à sa croissance le début du 20ème siècle. A this fin, it a summer is, parmi d'autres contributions précieuses publiées, dans le Bulletin électronique qui a été publié de manière ininterrompue depuis que l'Institut a créé ad hoc, une grande partie de ceux qui sont ici, bien que de manière synthétique. Nous avons été regroupés à l'occasion pour être connus à travers les Annales du SCA. Vous avez également accès à une bibliographie - une partie seulement de celle utilisée pour cette recherche - qui complète la tâche de l'entreprise guide pour d'autres chercheurs qui ont approfondi ces sujets.

MOTS CLÉS: Histoire de la SCA au 19ème siècle, Bulletin électronique du SCA, évolution des sciences, biographies synthétiques, considérations supplémentaires.

A MANERA DE INTRODUCCIÓN ACLARATORIA

La presente entrega no pretende agotar la rica temática referida a las biografías de los científicos, exploradores e investigadores del territorio patrio en general de los últimos años del siglo XIX. Ellas nos muestran como, cuando en la Argentina estaba todo por hacerse, ayudaron a generar el progreso en la comprensión de las nuevas técnicas de aquél entonces, la ciencia y el conocimiento del futuro territorio de la nación; en muchos casos alejándose de su terruño natal y entregando gran parte de su fortuna personal e incluso, dedicándole sus propias vidas. Valgan, a manera de muestra, los recuerdos de Ramón Lista, Giácomo Bove, Pascasio Moreno o Carlos Luis Spegazzini.

Sin dejar de admirar la importancia de cada uno de los eruditos incluidos en esta labor ni el momento en que han efectivizado su actividad, hemos decidido agruparlos por orden alfabético para que sea más cómodo al lector poder ubicarlos en el caso de que desearen hacerlo. Mucho podría agregarse a las semblanzas aquí esbozadas, pero ello ocuparía por sí mismo un volumen que en las presentes circunstancias no nos es posible desarrollar.

Es necesario aclarar que es relativamente escaso lo original que aparecerá en esta entrega, ya que, de por sí, otros historiadores se han encargado de llevar adelante esta tarea. Hemos, eso sí, tratado de compaginar determinadas páginas escritas en una gran diversidad de asientos aparecidos en Internet, en la sucinta bibliografía que se adjunta y en una multitud de monografías consultadas en otras circunstancias para la realización de diferentes investigaciones que quién subscribe estas líneas ha llevado a cabo.

Personalidades como las precitadas, la de Ángel Gallardo, Estanislao Zeballos, Juan B. Ambrosetti; Luis A. Huergo o Guillermo White -para mencionar unos pocos- no generan dificultad en el momento de poder ubicarlos en los volúmenes de historia de la ciencia o en las correspondientes Academias o Instituciones a las cuales honraron con su presencia y actividad. En cambio otros, no por menos importantes -tal vez porque hayan trascendido menos-, son más difíciles de localizar. En estos últimos casos la tarea ha sido verdaderamente ardua. Muchas de las biografías que presentamos aún no han aparecido en los *Boletines Electrónicos*

de la SCA, cuya dirección es responsabilidad del Miembro de la actual Junta Directiva, Licenciado Mario E. Laplagne. Lo serán en los próximos números y a medida que transcurra el tiempo. Pero como ambas publicaciones *(Anales y Boletín Electrónico)* transitan por medios diferentes y, fundamentalmente, para un público distinto, esta breve investigación no es algo redundante. Los primeramente mencionados aparecen digitalizados por *The Natural History Museum* de Londres y el *Smithsonian Institute*, a los que puede accederse para ser consultados por un interesado en cualquier lugar del mundo. En cambio los Boletines Electrónicos, están destinados para nuestros asociados que los reciben por medio de Internet -conjuntamente con otra multitud de informaciones vinculadas a la ciencia- y los cuales, en su mayor parte, habita en nuestro país.
No quedarían incluidos -por quedar fuera de las pautas que nos hemos impuesto- el Boletín Electrónico del mes de enero del año 2017 -"Centenario de Pedersen"-; el del Boletín Electrónico del mes de abril del mismo año -dedicado al Dr. René Favaloro- y el del mes de diciembre del año 2017, consagrado al premio Nobel Dr. Bernardo Houssay.
También es necesario tener en cuenta que los Anales de la Sociedad Científica Argentina es la más antigua de las revistas nacionales vigentes con dedicación particular consagrada a la ciencia, indexada y totalmente digitalizada. Motivo por el cual merece el recuerdo que deseamos realizar en oportunidad de cumplirse el 150º aniversario de la fundación de nuestra Institución y a las más que centenarias páginas impresas en ellos.

CONSIDERACIONES PREVIAS

Una de las primeras situaciones que se observan a través del análisis de la conformación de las diferentes Juntas Directivas en los albores de la SCA es la cuantía de ingenieros que en sus inicios han pasado por ella, publicado sus investigaciones en los Anales y en otras gran diversidad de acciones conexas, -visitas a plantas industriales (lo que hoy denominaríamos viajes de estudio o salidas al campo), excavaciones arqueológicas o paleontológicas, etc.-, y la presencia más tardía de los cultores de las hoy denominadas ciencias humanas. Esta diversidad fue advertida por la Lic. Norma I. Sánchez en una investigación publicada en los Anales de la SCA, (Vol. 258 - Nº 2, Buenos Aires, pp. 31 - 41); cuando afirma que [.... A lo largo de su historia han sido presidentes de la sociedad: ingenieros, matemáticos, naturalistas, juristas, representantes de las fuerzas armadas y médicos....] (Cf.: Norma I. Sánchez.2017.b.). Agrupamiento que en que esta oportunidad, caso por caso, deseamos profundizar. Teniendo presente que el término "naturalista" englobaba en aquél entonces -en momentos en que todavía no se había efectuado la actual subdivisión del campo de las ciencias- a quienes reconocían, por su experiencia y amplia formación intelectual, la práctica de varias de ellas.

Hasta el año 1900 trece ingenieros fueron sus presidentes:

Los Ing. Luis A. Huergo, Ing. Francisco Lavalle, Ing. Pedro Pico, Ing. Guillermo White, Ing., matemático y Dr. Valentín Balbín, Ing. Luis A. Viglione; Ing. Eduardo Aguirre, Ing. Carlos Bunge, Ing. Miguel Iturbe; Ing. Domingo Noceti, Ing. Dr. Marcial R. Candioti, el Ing. Dr. Manuel B. Bahía y el Dr. Ing. Carlos María Morales.
Aparece también entre ellos un afamado químico: el Dr. John Joseph Jolly Kyle, y dos amantes de las ciencias naturales, el biólogo - naturalista Dr. Ángel Juan Pedro Gallardo y el zoólogo Dr. Carlos Berg (o Friedrich Wilhelm Karl Berg); que, al fin de cuentas, pueden sin hesitar ser hoy día incluidos entre los cultores y estudiosos de las apodadas como ciencias duras. Mención aparte merece un afamado y polifacético escritor, explorador y político,

el Dr. Estanislao S. Zeballos. De él, como hemos afirmado en otra publicación de nuestra Sociedad (Cfr.: "Geografía". Tomo X de la Serie "Evolución de las ciencias en la República Argentina, 1922 - 1972", Sociedad Científica Argentina, Buenos Aires, 1988, pg. 7), es necesario recordar que [...Eran aquellos hombres multifacéticos. Raramente se hallaban en ellos la "especialización", ya que no desconocían, en la práctica, casi ningún campo de las ciencias. Por ello es dable encontrar, unida en una misma persona, al explorador, al geógrafo, al naturalista, al botánico y al zoólogo. Aún hoy causa sorpresa observar las más variadas disciplinas tratadas con tanta erudición; tanto más cuanto que a ellas se agregaban, las más de las veces, la etnografía, la historia, la paleontología y... la actividad pública en no pocos casos....]. Lo cual también es válido para otros varios primigenios estudiosos del siglo XIX que aquí recordamos.

Pero otros tantos ingenieros, botánicos o matemáticos también fueron vocales, vicepresidentes, miembros de la Comisión Redactora de los *Anales*, socios *cuasi* fundadores de la Institución, etc. Entre sus presidentes a partir del año 1881 ya comienzan a surgir expertos dedicados a otros quehaceres: particularmente los precitados "naturalistas" (3) y químicos (1). Todos ellos sin sumar a otros socios que han ejecutado diversas funciones en pro de nuestra entidad que hicieron posible su aparición o científicos que, en su oportunidad, concurrieron a la Argentina para sentar las bases de la ciencia y publicaron en sus páginas sus investigaciones.

En el agrupamiento que hemos efectuado, y descontando a los presidentes ya mencionados, aparecen:

- ✓ "Naturalistas", con sus diversas especializaciones (zoólogos, ornitólogos, médicos, botánicos, etc.): (10)
- ✓ Antropólogos: (1)
- ✓ Químicos: (3)
- ✓ Exploradores: (4)
- ✓ Geólogos: (4)

El grupo de "naturalistas" que hemos enumerado está principalmente integrado por botánicos -algunos, como Carlos Luis Spegazzini, Friedrich Schickendantz o Adolfo Döering -, todos ellos de gran renombre. Médicos encontramos dos: Pedro Narciso Arata y Eduardo Ladislao Holmberg, al igual que escritores y, más tardíamente, antropólogos, urbanistas, lingüistas, arquitectos, etc.; es decir, científicos que comenzaban a introducir tardíamente sus apellidos entre los cultores de las *ciencias blandas*, a las cuales antaño se les adjudicaban la falta de rigor científico, lenguaje y método propio, etc.

Estas subdivisiones merecen alguna explicación que pueda enriquecer lo afirmado por la Lic. Norma I. Sánchez *ut supra*:

1. Ingenieros. Interesante es el hecho que la mayor parte de ellos desarrollaron su tarea en la construcción y diseño de los ferrocarriles y puertos. Algo más adelante en el tiempo en el los proyectos de la edificación de grandes obras, como las emprendidas en ciudad de La Plata, Rosario, Córdoba, Mendoza o Buenos Aires. Esto es enteramente lógico en momentos en que comenzaban a construirse los medios aptos para favorecer las bocas de exportación de los productos agropecuarios hacia el exterior. Exactamente similares son los conceptos que podemos expresar con respecto a quienes dedicaron sus faenas a la electricidad y las matemáticas, que aportaron lo suyo para posibilitar la tarea de aquellos.

2. La falta de higiene ciudadana (carencia de agua potable, cloacas, hacinamiento, contaminación de las napas freáticas, etc.), que afectó en 1871 a Buenos Aires con la epidemia de

fiebre amarilla -se estima que pereció el 8% de la población de la ciudad- demostraron la necesidad de la labor de médicos, enfermeros, urbanistas, higienistas, etc. En los Anales de la SCA aparecen varias investigaciones referentes a esta temática.

3. Un tercer grupo estaría representado por geólogos y especialistas en mineralogía. Ellos eran fundamentales para poder conocer los recursos minerales que el territorio nacional pudiese albergar. A estos fines se profundizaron las excavaciones y reconocimientos en los sitios ya beneficiados desde la época hispana y en los albores de la independencia. Muchos de ellos ya habían sido detectados catalogándose algunas de estas riquezas: en La Rioja (Famatina, Chilecito, etc.), Córdoba, San Luis, Salta, Jujuy y, más tardíamente, la región patagónica.

4. Raramente aparecen el caso de los antropólogos (aunque algunos de los que podemos considerar dentro del grupo de los "naturalistas" dedicaran parte de su tiempo a estos menesteres). Juan Bautista Ambrosetti es el mejor ejemplo de un antropólogo puro, Friedrich Schickendantz, Ramón Lista, Estanislao Zeballos, Giácomo Bove son investigadores que a su disciplina cardinal le dedicaron también estudios, escritos y observaciones sobre el carácter de los aborígenes, sus costumbres y los restos de sus obras en piedra, cuero o arcilla.

5. Los exploradores, *así agrupados*, conforman un conjunto extenso de científicos y personalidades entre las cuales podemos recordar a Pascasio Moreno, Estanislao Zeballos, Ramón Lista, Giácomo Bove; el mismo Friedrich Schickendantz, Adolfo Döering, Guillermo Bodenbender, Ludwig Brackebusch, etc., los cuales, ora por el apremio imperioso de reconocer el territorio argentino cuando aún sus límites no estaban fijados, ora por las necesidades intrínsecas de sus actividades (geología, entomología, botánica, etc.,) deben satisfacerlas caminando o viajando en cabalgaduras por peligrosos territorios inexplorados.

CONSIDERACIONES FINALES

¿Y por qué hemos decidido dedicarnos a presentar esta breve investigación? Fundamentalmente porque recrear épocas virtuosas en el avance científico-tecnológico de la Argentina a fines del siglo XIX es algo que debemos tener permanentemente presente. Para observar en el pasado cercano las virtudes de quienes nos precedieron en esta desinteresada labor. Y también para extraer conclusiones valederas que pueden ser aplicadas hoy y en el futuro cercano. Por estos motivos es que hoy presentamos estas 33 biografías.

Sabemos que los cultores de la historia reniegan de la posibilidad de extraer del pasado lecciones para aplicar a las circunstancias actuales.

Es oportuno, empero, recordar lo que afirmara el filósofo de origen británico Aldous Leonard Huxley:

"Que los hombres no aprovechen suficientemente bien las lecciones de la historia es la lección más importante que nos enseña la historia"

BIOGRAFÍAS POR ORDEN ALFABÉTICO

Aguirre, Eduardo. Ingeniero, naturalista

Nació en Buenos Aires el 18 de abril de 1857. En 1872 ingresó en el Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, obteniendo su diploma de Ingeniero Civil, en el año 1878, en la Facultad de Matemáticas. Desarrolló una intensa actividad profesional

y científica, mostrando en cada momento su profunda vocación por las Ciencias Naturales. Debe ser considerado uno de los primeros científicos argentinos que se inclinaron por el estudio geológico del país. Afecto a realizar viajes de estudio por su interior, durante los mismos aprovechaba la ocasión para efectuar colecciones petrográficas y botánicas, pues le interesaba igualmente esta rama de las ciencias naturales. Se había desempeñado ad honorem como ayudante en el incipiente Gabinete de Historia Natural de la Universidad. A raíz de estas inquietudes se vio prontamente alentado a intervenir en la actividad universitaria y, en 1878, unos días antes de su graduación como Ingeniero, fue designado como colaborador gratuito para ocupar la cátedra de Mineralogía y Geología, siendo confirmado en ese cargo en el año 1882; el cual conservó más de 30 años jubilándose en el año 1911. Le correspondió el gran mérito de ser el primer argentino que enseñó Geología en la Argentina, teniendo una destacada actuación al frente de su cátedra a la que le imprimió una orientación práctica y dotó de laboratorios. En este lapso, dada su brillante actuación universitaria fue elegido para ocupar los cargos de Vicedecano (1900-1903) y Decano (1903-1906) de la Facultad. También se desempeñó en otras asignaturas universitarias, como las de Geodesia y Física. En el Colegio Nacional Central y en la Escuela Normal Superior fue Profesor de Física, mientras que en el Colegio Militar y en la Escuela Superior de Guerra enseñó Topografía; bajo su dirección, en 1879, los alumnos de 5º año del Colegio Militar levantaron un plano topográfico de las Sierras Bayas (Provincia de Buenos Aires), en el que señalaron los yacimientos de rocas sedimentarias y eruptivas que él luego estudió. Mostró interés por todos los temas de las ciencias naturales, y en los Anales de la Sociedad Científica Argentina comentó la bibliografía más importante que llegaba a nuestro país. Sus investigaciones -en su mayor parte- pertenecen a la provincia de Buenos Aires, estando especialmente dirigidos a los dos sistemas serranos que posee: las Sierras de Tandilia y Ventania, donde no solamente analizó sus aspectos geológicos si no también los económicos. Así mismo sus observaciones comprendieron los aspectos geográficos, geomorfológicos y petrográficos. Sus trabajos sobre las Sierras de Tandil y Olavarría promovieron la explotación de las canteras de esas regiones y actualmente, una estación del Ferrocarril General Roca, próxima a Tandil, lleva el nombre de este investigador argentino, como reconocimiento a su actuación científica en dicha zona. También fue un estudioso de las aguas subterráneas. En esa época muy poca era la información disponible al respecto en el país y debió analizar las características principales de las napas de agua bonaerense con miras a su explotación. De esta manera tuvo actuación destacada en la provisión de agua potable a la ciudad de La Plata y en la Provincia de San Luis, en la hoy denominada "Cañada de Baldes" donde perforó un pozo artesiano de más de 600 metros de profundidad efectuado en esta localidad del Departamento Juan Martín de Pueyrredón situada al occidente puntano, el cual pudo ser llevado a término por sus consejos y laboriosidad. Se incorporó a la Academia de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales el 5 de octubre de 1883, cesando el 1º de abril de 1886. Se desempeñó como Concejal y Vicepresidente del Concejo Deliberante de Buenos Aires (1903-1907) y Secretario de Obras Públicas de la Intendencia Municipal en diversos períodos. Falleció en Buenos Aires el 31 de diciembre de 1923.

Ambrosetti, Juan Bautista. Antropólogo

De origen entrerriano nació en 1865. Estudió en la Universidad de Buenos Aires, que lo nombraría Doctor Honoris Causa (1910) y donde conocería a Florentino Ameghino. Fue un gran naturalista, antropólogo, etnógrafo y estudioso del folclore nativo, temas sobre los cuales desplegó una gran actividad de investigación realizando numerosas expediciones con

ese objeto, siendo considerado, conjuntamente con su discípulo Salvador Santiago Debenedetti, el fundador de la antropología argentina. Fue miembro de la SCA, en cuyos Anales publicó gran parte de su copiosa producción en ciencias naturales, que comprende además de la catalogación de unas 20.000 piezas de flora y fauna. Es fundamental su descubrimiento del Pucara de Tilcara en la quebrada de Humahuaca (1908), por el cual reunió el material obtenido en un museo que fundó en los valles Calchaquíes y que hoy lleva su nombre. Fue el promotor del museo etnográfico de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. Sus publicaciones fueron acogidas en numerosas y prestigiosas colecciones de revistas especializadas. En 1969 el Primer Congreso de Folclore lo distinguió como "El padre de la ciencia Folclórica Argentina". Falleció en Buenos Aires, en 1916 a los 51 años de edad.

Arata, Pedro Narciso. Químico, médico, farmacéutico, naturalista

Nació el 29 de octubre del año 1849 en Buenos Aires, ciudad en la cual fallece el día 5 de noviembre del año 1922, descansando sus restos en el cementerio de la Recoleta.
Había cursado sus estudios primarios y secundarios en escuelas católicas de Buenos Aires, con un intervalo de seis años en Génova. En 1874, comienza sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias Médicas buscando una especialización en farmacia, licenciándose en esta rama en el año 1872 y como médico en 1879.
En el año 1870 fue suplente en la Cátedra de Química del Departamento de Estudios Preparatorios.
En 1875 es titular de Química Orgánica en la Facultad de Ciencias Físico Naturales.
En 1888 pasa a ser profesor de química en la Facultad de Medicina.
Fue el introductor de la fotografía en la Argentina.
Como profesional trabajó en la Oficina de Patentes de Invención, en el Consejo de Higiene y en la Oficina Química Municipal, que dirigió desde 1833 hasta 1911.
En 1903, fue nombrado Director General de Agricultura. El 19 de agosto de 1904 cuando fue creado el Instituto Superior de Agronomía y Veterinaria (hoy facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias de la UBA) fue designado como su Rector, con la obligación de seleccionar todo lo referente a ella: construcción de la infraestructura necesaria, contratación del personal docente y no docente, gestionar los trámites burocráticos pertinentes -que incluía una parada ferroviaria (que hoy lleva su nombre)- para favorecer el transporte de los alumnos y el personal docente, etc.
Fue Presidente del Consejo Nacional de Educación y profesor honorario de la Facultad de Ciencias Médicas.
Presidió durante dos años la Academia Nacional de Medicina.
Reconocido bibliófilo, coleccionó casi 32.000 ejemplares, muchos de los cuales forman parte del patrimonio de la Facultad de Agronomía.
Su trayectoria en nuestra Institución fue destacada: en el año 1879 Vicepresidente 2º, en 1880 Vicepresidente primero. En el mismo año Vocal de la Junta Directiva y durante los años 1883 y 1884 Vocal de la Comisión Redactora.
Entre sus obras aparecidas en los tomos de *Anales* de la Sociedad Científica Argentina figuran:

"Estudio de la *Persea Lingue Ness ab Es.* y su tanino". 1880., t. 10, Buenos Aires, pp. 194 - 209.
"Nota sobre la pretendida identidad de la *Paitina* con la *Aspidospermina*".1881. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.11, Buenos Aires, pp. 57 - 61, cuadros, tablas.
"Sofisticación de los fideos". 1882. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.14, Bue-

nos Aires, pp. 271 - 274.
"Informe al Presidente de la Municipalidad de la Capital sobre el laboratorio químico municipal de París". 1883. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 15, Buenos Aires, pp. 170 - 186.

Bahía, Manuel B. Ingeniero

Desde sus comienzos la Academia de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales albergó en su seno a gran número de ingenieros. Entre ellos figuraron Luis A. Huergo, Guillermo White, Otto Krause, Claro A. Dassen, Rodolfo E. Ballester, amén de otros destacados ingenieros y doctores. Junto a los precitados se encontraba el Doctor e Ingeniero Manuel Benjamín Bahía, Presidente de la Junta Directiva de la S.C.A. durante los años 1900 y 1901. Fue Director del Colegio Nacional de Buenos Aires, en el que había estudiado y en el cual brilló por su desempeñó en física y electricidad por espacio de 21 años (desde 1887 hasta 1908). Fue director general de escuelas de la provincia de Buenos Aires y de enseñanza secundaria y especial de la Nación en el año 1912. Se graduó como ingeniero civil en el año 1883 y se doctoró en ciencias físico - matemáticas en 1892.
Entre sus trabajos publicados por nuestra Institución podemos mencionar:

"Historia de la telegrafía eléctrica" (Conf.).1888. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 26, Buenos Aires, pp.78 - 90.
"Las unidades. Origen y objeto de este trabajo". 1890. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 29, Buenos Aires, pp. 97 - 122.
"Los telégrafos de la República Argentina".1891. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 32, Buenos Aires, pp. 315 - 321.
"Curso de electricidad industrial". 1892. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 34 - 35, Buenos Aires, pp. 129 - 152.
"Curso de electrotécnica". 1895. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 39, Buenos Aires, pp. 123 - 126.
Actualmente la E.N.E.T. Nº 2, de Capitán Bermúdez (en la provincia de Santa Fe) y la EETP Nº 464 -de la Ciudad de Rosario- lo recuerdan llevando su nombre y haciendo honor a quién dedicara a la enseñanza la mayor parte de su vida.

Balbín, Valentín. Doctor, Matemático, Ingeniero

El Dr. Valentín Balbín fue un prestigioso ingeniero y matemático nacido en Buenos Aires el 23 de febrero del año 1851. Su formación comienza en el Colegio Nacional de Buenos Aires para ingresar posteriormente en el año 1866 en la Escuela de Ingeniería, en la que se graduó en el año 1870 con una tesis sobre las Aguas corrientes, en momentos en que la epidemia de fiebre amarilla azotaba la ciudad, demostrando que una obra de esa magnitud era una excelente solución a la situación provocada por la dolencia. Este trabajo, con el que se ganó un gran renombre como estudioso posibilitó que inmediatamente el Gobierno le ofreciera participar en los trabajos preliminares de la construcción del puerto de Buenos Aires. En 1871 fue becado para proseguir sus estudios en Europa. Residió en Inglaterra, desde donde remitió numerosos informes técnicos, que fueron publicados sucesivamente por el Gobierno Nacional. En Oxford, además, se doctoró en Ciencias Matemáticas en el año 1876. Regresó al país y en 1878 comenzó nuevos estudios, esta vez de agrimensura. Poco después formó parte de la Comisión de Aguas Corrientes y fue designado Director General de Obras Hi-

dráulicas del Departamento de Ingenieros. En esa función, dirigió los trabajos de construcción del acueducto a San Luis desde Potrero de los Funes. También realizó la mensura y subdivisión de tierras de la Pampa, región que hacía muy poco tiempo que el General Roca había arrebatado de manos de los indígenas. En su actividad como ingeniero, mientras tanto, dirigió las obras del trazado del río Matanza - Riachuelo y los estudios de canalización del delta paranaense, e integró la Comisión de Salubridad del Ministerio de Obras Públicas. Hacia 1884, comenzó a dictar clases de Matemáticas Superiores en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, e integró la Academia correspondiente. Poco a poco, se convirtió en uno de los más destacados especialistas en textos escolares de matemática. Publicó una gran diversidad de libros, muchos de ellos dirigidos a la juventud tales como:
"Aritmética práctica", (1892); "Algebra elemental", (1892), "Nociones de Geometría", (1900); "Álgebra elemental; arreglada para el tercer año de los colegios nacionales de acuerdo con los programas vigentes y aprobados por el Ministerio de Instrucción Pública", (1916). "Nociones de geometría, para el uso de las Escuelas Primarias", (1900), "Nociones de aritmética para el uso de las escuelas primarias", (1900); "Aritmética práctica; arreglada para el 1er. año de los colegios nacionales, de acuerdo con los programas vigentes y aprobada por el Ministerio de Instrucción Pública", (1898), "Tratado de estereometría genética de conformidad con los adelantos más recientes", (1894), entre muchos más.
También introdujo la enseñanza de Estática gráfica y tradujo importantes obras de matemáticas del alemán, el inglés y el latín. Fundó la primera revista de matemáticas elementales del país, que se publicó entre 1889 y 1892 y cuyo objetivo era promover los estudios matemáticos modernos en la Argentina y estimular a la juventud en los mismos, a la cual le dirigió muchísimos de sus esfuerzos. En 1892 accedió al cargo de Rector del Colegio Nacional de Buenos Aires y a la presidencia de la Sociedad Científica Argentina cargo que ocupó durante dos períodos, entre los años 1879 y 1880 y, con posterioridad, entre 1887 y 1889. También pasó a integrar el Consejo Académico de la Facultad de Filosofía y Letras, de la que más tarde sería Vicedecano. En 1897 el Gobierno francés le otorgó la condecoración de "Oficial de Academia", tras su paso por Europa. En sus últimos años estaba a cargo de la dirección general de obras hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, simultáneamente al cargo de profesor de Matemáticas Superiores en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, la que le otorgó el título de doctor en ciencias exactas y, más tarde, el de académico honorario.
En 1892 fue nombrado rector del Colegio Nacional de Buenos Aires y fue profesor de la Facultad de Filosofía y Letras y miembro y vicedecano de su Consejo Académico. Falleció en la localidad de San Fernando (provincia de Buenos Aires) el 18 de enero de 1901.

Benoit, Pedro Simón del Corazón de Jesús. Ingeniero, arquitecto, topógrafo, urbanista

Nació el 18 de febrero del año 1836 en Buenos Aires. Fue un destacado arquitecto, ingeniero, topógrafo y urbanista cuyo nombre está indisolublemente unido a la Ciudad capital de la Provincia de Buenos Aires, desde cuya fundación volcó con entusiasmo sus inquietudes profesionales. Ingresó al Departamento Topográfico y a la sección de Geodesia del Departamento de Ingenieros en el año 1850 cuando tan sólo tenía 14 años. Desde estos organismos proyecta y construye varios puentes de campaña de carácter militar, realiza trabajos de agrimensura que con posterioridad darán a la luz a nuevas poblaciones y otras obras, contribuyendo a la confección del plano de la ciudad de Buenos Aires e interviene en las defensas de esta ciudad contra las inundaciones. Más adelante lleva a cabo los estudios para la consolidación de caminos hacia la futura capital provincial y para instalar un tranvía entre las localidades de Tolosa y Ensenada, actividades que le dan un amplio conocimiento de los terrenos que ocuparía luego la ciudad de La Plata. Es designado Director del Departamento

de Topografía y en el año 1863 se le encarga la rectificación y la canalización del Riachuelo. Por aquel entonces se instala en el pueblo de Merlo, cuya planta urbana había sido diseñada por él al igual que la iglesia, el edificio de la primera escuela y la fachada del cementerio local situado en la actual localidad de Libertad, dando su aprobación al gobernador Mariano Acosta para la creación del Partido homónimo, diseñando también la planta urbana de la actual localidad de Ituzaingó. En el año 1880 obtiene el grado de Teniente Coronel del cuerpo de Ingenieros por su labor en la construcción de fortificaciones y el emplazamiento de baterías para la defensa de la ciudad de Buenos Aires, tiempo en el cual inicia los trabajos de ubicación y construcción de la nueva capital bonaerense: la ciudad de La Plata. Entre otras tareas dirige el trazado de los planos de la ciudad y dirige la ejecución de diversas obras entre los edificios públicos de la misma: la Catedral, considerada una de las iglesias más grandes del mundo, recientemente finalizada y modernizada en su estructura; el edificio de los cuarteles de Bomberos, Policía y cárcel, la iglesia de San Ponciano, el del Departamento de Ingenieros, parte del Observatorio Astronómico, el actual Museo "Dardo Rocha" y la escuela de Artes y Oficios, entre otros. Fue elegido Concejal y con posterioridad Intendente del municipio platense; fue Director del Banco Hipotecario de la Provincia de Buenos Aires y Profesor y Vice-decano de la Facultad de Ingeniería de La Plata.
Además de todo ello construyó el actual edificio del Museo Etnográfico "Juan B. Ambrosetti" de la Facultad de Filosofía y Letras de la UBA, sito en la calle Moreno 350 de la C.A.B.A.; la Catedral de la ciudad de Mar del Plata, las Iglesias de Santa Catalina en Buenos Aires, y otras en San Justo, Merlo, Moreno, Ensenada; San Vicente, Benito Juárez, Azul y Uribelarrea. Fue miembro de la Sociedad Científica Argentina a partir del año 1878 cuando figura como socio activo en el t.6 de los *Anales* de la Institución, aun cuando ya en 1876 integrara la Comisión de una importante exposición organizada por ella, tal como se cita en el t.4 de los precitados Anales. Falleció el 4 de Abril del año 1897 en Mar del Plata y sus restos actualmente reposan en el cementerio de La Recoleta.

Berg, Carlos o Friedrich Wilhelm Karl Berg. Naturalista, Entomólogo, Zoólogo

Nació en Tuckum, Letonia, en la península de Curlandia el 2 de abril del año 1843, falleciendo en Buenos Aires el día 19 de enero de 1902.
De origen alemán, su familia le posibilitó que desde temprana edad fuera atraído por las ciencias naturales, aunque por no poseer de medios económicos para poder impulsar su estudio, sus esfuerzos pudieron verse coronados con una sólida formación como naturalista. Se hizo miembro de la Sociedad de Naturalistas de Riga, con 22 años, pasando a formar parte de su comisión directiva en 1869, siendo el encargado de la sección entomológica, lo cual indica claramente su apego por las actividades de este tipo y su capacidad para organizarlas. Durante los años 1868 y 1870 se propuso aclimatar al gusano de seda *Bombyx mori*, en las provincias bálticas -una especie de insecto lepidóptero que se extiende desde el norte de la India hacia China, Japón, Corea y el oriente de Rusia-. De él se aprovecha el capullo constituido por un extenso filamento de seda, de alto valor agregado por ser un producto de comercio lejano hasta Europa. En 1871 se hizo cargo de las cátedras de historia natural y de química en la escuela técnica preparatoria del Politécnico Báltico de Riga.
Llamado por Germán Burmeister, a quién había invitado Domingo Sarmiento a acudir a la Argentina, comenzó a desempeñarse en el Museo Público de Buenos Aires en junio de 1873. En el año 1875 fue designado profesor interino en zoología en la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba para más tarde ocupar en Buenos Aires la cátedra de Zoología de la Facultad de Ciencias Físico-Naturales y la cátedra de Historia Natural en el afamado Cole-

gio Nacional de Buenos Aires. También fue un asiduo colaborador de los Anales de la SCA y en el año 1890 fue convocado por el gobierno uruguayo para organizar su Museo de Historia Natural, sito en la ciudad de Montevideo, cargo que casi dos años, hasta su retorno a Buenos Aires en 1892 cuando fue designado director del Museo de Buenos Aires al morir Germán Burmeister, quien había dejado expresas indicaciones para este nombramiento. Ocupó el cargo hasta el 1902, fecha en que falleció. Allí demostró nuevamente sus habilidades como organizador: mejoró la iluminación de los salones del Museo y las condiciones generales de higiene colocándolo a la altura del Museo de La Plata. Implementó el sistema de visitas guiadas en el Museo para el público en general, atendiendo personalmente las mismas y atrajo a la institución a numerosos científicos y estudiosos, muchos de los cuales quedaron deslumbrados con el Museo. Aquí fue el creador de las secciones de Ictiología, Anfibios y Herpetología; continuó con la publicación de los Anales y fundó una revista nueva: *Comunicaciones del Museo Nacional de Buenos Aires.*

Viajero incansable y amante de la tarea de campo realizó en el año 1874 una campaña científica a la Patagonia, a Córdoba y Catamarca en el año 1875, entre 1876 y 1877 a la Sierra de Tandil y a las provincias de Corrientes y Misiones; en los años 1878 y 1879 a las provincias de San Luis y Mendoza (recorriendo la cordillera andina) y llegando hasta Chile, entre varias más.

En los períodos comprendidos entre los años 1880-1881 y 1882-1883 presidió la Sociedad Científica Argentina. Especializado en la entomología, a lo largo de su vida publicó más de 200 trabajos. Entre sus obras podemos citar:

"El bicho de cesto", (1874).

"Coccinellidae argentinae", (1874).

"Lepidópteros patagónicos observados en el viaje de 1874", (1875).

"Contribución al estudio de las *Piralidinas* de la fauna sudamericana", (1877).

"Estudios lepidopterológicos acerca de las faunas argentina y oriental", (1877).

"Apuntes lepidopterológicos", (1880).

"Addenda et emendanda ad Hemiptera Argentina", (1884).

"Enumeración Sistemática y sinonímica de los *Formicidos*: argentinos, chilenos y uruguayos (1890).

"Dos Reptiles Nuevos", (1895).

"Batracios Argentinos", (1896).

"Duae species novae argentinae Giponae Generis". 1889. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, Buenos Aires, t. 47, pp. 5 - 7.

"Observaciones sobre lepidópteros argentinos y otros sudamericanos", (1899).

"Datos sobre algunos crustáceos nuevos para la fauna argentina", (1900).

"Notas críticas referentes a las contribuciones al estudio de las aves chilenas de Federico Albert". 1901. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.51, Buenos Aires, pp. 55 - 61.

Fue redactor del "Informe oficial de la Comisión científica agregada al Estado Mayor General de la expedición al Río Negro (Patagonia) realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879, bajo las órdenes del General Julio A. Roca" conjuntamente con Adolfo Döering, Eduardo Holmberg, Pablo Lorentz y Gustavo Niederlein.

También editó un "Tratado elemental de zoología" y varios textos de carácter básico.

Carlos Berg fue el formador de varios científicos argentinos de la generación siguiente, como el Dr. Ángel Gallardo, quien fuera su discípulo más fiel. Falleció en enero de 1902 en Buenos Aires, siendo su sucesor en la Dirección del Museo de Buenos Aires Florentino Ameghino.

Bodenbender, Guillermo. Geólogo, naturalista

Nació el 2 de julio del año 1857 y su deceso aconteció el día 20 de abril del año 1941 en la ciudad de Córdoba, República Argentina. Fue un geólogo de origen alemán que adquirió la ciudadanía argentina. Llegado a nuestro país conjuntamente con una sucesión de naturalistas, geólogos y especialistas en mineralogía se instala desde el año 1885 en la ciudad de Córdoba, donde se vincula con el mundo científico de dicha ciudad de por vida. Fue llamado por Luis Brackebusch, a quién conociera en la Universidad de Gotinga -la cual en el año 1934 le otorgara el Doctorado Honoris Causa- y un precursor de la geología regional. Con motivo de su octogésimo cumpleaños, la Sociedad Científica Argentina, le dedicó un homenaje en un acto público en la Universidad Nacional de Córdoba, disertando en la oportunidad el Doctor Juan Olsacher sobre la trascendencia de su obra geológica. Organizó el Servicio Geológico de la Dirección de Minas, Geología e Hidrología de la Nación en Buenos Aires, casi la única oportunidad en que se ausentó de la mediterránea capital provincial en la que investigó durante toda su vida. Realizó importantes descubrimientos en la Cordillera Andina desde Neuquén a San Juan, en la Precordillera de La Rioja, San Juan y Mendoza; en la Puna y el Nevado de Famatina, en las Sierras Pampeanas; en las sierras de Córdoba y San Luis, etc., y como eximio dibujante acompañó con perfiles y mapas sus descubrimientos. También fue prolongada su actividad docente en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, desempeñándose en varias Cátedras, y como Director del Museo de Antropología y Paleontología de la Universidad de Córdoba en reemplazo de Florentino Ameghino, alcanzando la jerarquía de Vice Decano de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Entre la multiplicidad de sus obras son de mencionar:

1884. "Ueber den Zusammenhang und Gliederung der Tertiärbildungen zwischen Frankfurt a. M. und Marburg Ziegenhain". Inaug.-Diss. Stuttgart, 1884.
1889. "Expedición al Neuquén". En: Boletín Instituto Geográfico Argentino, Tomo X, Octubre, 1889, pp. 311- 329, mapa.
1890. "La Cuenca del valle del Río Primero en Córdoba. Descripción geológica del valle del Rio 1º, desde la Sierra de Córdoba hasta la Mar Chiquita". En: Academia Nacional de Ciencias, Boletín, tomo XII, pp. 5- 54, un mapa geológico y 4 tablas, Córdoba.
1892. "Sobre el terreno jurásico y cretáceo en los Andes argentinos, entre el Rio Diamante y el Rio Limay". Academia Nacional de Ciencias, Boletín, tomo XIII, pp.5-42. Córdoba. Con un croquis de la Sierra de Malargüe y una lámina de perfiles.
1893. "Die Pampas-Ebene in Osten der Sierra von Córdoba in Argentinien". Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Pampa. Peterm. Geogr. Mitteilungen, 1893, pp. 231-237, 259-264.
1894. "La llanura al este de la Sierra de Córdoba. Contribución a la historia del desarrollo de la llanura pampeana". En: Academia Nacional de Ciencias, Boletín, Tomo XIV, pp. 21-55, Córdoba.
1895. "El terremoto del 27 de octubre de 1894. Informe presentado al señor rector de la Universidad de Córdoba sobre las causas y los efectos del terremoto del 27 de octubre, en las provincias de San Juan y La Rioja". 1895, 48 pp. Córdoba.

Bove, Giácomo. Explorador, navegante

Este conocido navegante nació en Italia, en la localidad de Maranzana en el año 1852, falleciendo muy joven (a la edad de 35 años) en la ciudad de Verona en el mes de agosto de 1887.

Siendo muy joven asistió a la Escuela Naval de Génova, en donde se graduó con honores; por ello tuvo la oportunidad de integrar como guardiamarina en 1872 la expedición científica italiana a China, Japón, Singapur, la isla de Borneo y las Filipinas. Con posterioridad participó con el geógrafo sueco Adolf Erik Nordenskjöld de la expedición al Ártico con la finalidad de encontrar una ruta que permitiese unir el Mar del Norte con el océano Pacífico, la cual aún hoy es utilizada por rompehielos rusos para llegar desde el Báltico a Vladivostok. Cuando estaba organizando una expedición antártica Estanislao Zeballos (por ese entonces fundador y Presidente del Instituto Geográfico Argentino) decidió financiar su empresa, patrocinio que en realidad Bove utilizó para recorrer las costas patagónicas e inspeccionar sus balizas y los faros ya instalados -colocados en sitios estratégicos- para la ayuda de los navegantes; a la vez que recoger muestras de suelo y ejemplares de su flora y fauna. Este viaje se pasó a conocer como "Expedición Científica Austral Argentina", de la cual Bove era su jefe. Lo acompañaron en ella Luis Piedrabuena, Doménico Lovisato, afamado geólogo y paleontólogo de origen italiano, (nacido en la isla de Istria en el año 1842) y Carlos Spegazzini, entre otros geógrafos, zoólogos, ictiólogos y científicos. Alcanzó la Tierra del Fuego, Punta Arenas (Chile) y la isla de Los Estados. Recorrió el estrecho de Magallanes y el canal Beagle, tomando contacto con los aborígenes y con la misión anglicana de Thomas Bridges para regresar luego a Buenos Aires.
En 1883 emprendió dos nuevas expediciones: a Misiones y el Alto Paraná (alcanzó los saltos del Guairá) y más tarde nuevamente a Tierra del Fuego. De la primera escribió el libro *"Note di un viaggio nelle Missioni ed Alto Paraná"*, aparecido en el año 1885.
En la siguiente campaña científica se dirigió al África para remontar el curso del río Congo en 1886, donde contrajo un mal con fiebre muy alta de la cual nunca se recobró. Tratando de recuperarse de su enfermedad se retiró de la Marina de Guerra Italiana para hacerse cargo de la dirección de una compañía de navegación hasta que se produjo su deceso.
El Instituto Geográfico Argentino publicó el informe de Bove en 1882 intitulado *"Expedición Austral Argentina. Informes preliminares presentados a SS.EE. los Ministros del Interior y de Guerra y Marina de la República Argentina"*, el cual fue reproducido en el año 1883 por el Boletín de la Sociedad Geográfica Italiana con el título de *"La spedizione antartica italoargentina"*.

Bunge, Carlos. Ingeniero

Su familia tuvo origen en Remsheid (Alemania). Su nombre original era *Bunge von Reinsseed und Von Rauschendbusch*, habiendo llegado los primeros ascendientes a nuestro país en el año 1804, siendo los fundadores de la casa bancaria Bunge Bornfelt y Cnía.
Nació en el año 1861 y falleció en el de 1924. Fue un destacado empresario y progresista ganadero.
La memoria anual correspondiente al XXIIº período (1893 - 1894), pp. 5 - 26, del t. 38 (julio y agosto del año 1894) es un ejemplo por su detalle. Llamó a concurso para la confección de los planos y presupuestos de la sede la Sociedad, como aparece en la memoria por él redactada, haciendo referencias a números de pisos, destinos de locales, salones, etc., lo que demuestra acabadamente su profesión de ingeniero; propuso la modificación del reglamento (estatuto); detalles de tesorería y gastos generales, canje de Anales con otras entidades científicas, tanto nacionales como extranjeras, etc.
Conjuntamente con F. C. Reid elevó dos notas aceptando formar una comisión que estudie las dimensiones más convenientes de los ladrillos de construcción, como figura en los Anales de la SCA con la finalidad de construir la Sede de la Institución.
Entre sus obras podemos citar:

Bunge, C. 1885. "Proyecto de un puente de hierro de 25 metros de luz". En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 19, Buenos Aires, pg.175 - 218, ilustraciones, gráficos.
Bunge, C., E. E. Clérici y C. Duncan. 1891. "Informe de las obras del Dock Sud de la Capital". En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 31, Buenos Aires, pp. 36 - 42.

Brackebusch, Ludwig o Luis. Geólogo

Su origen fue alemán, si bien se desempeñó mayormente en nuestro país y adquirió la nacionalidad argentina. Nació el 4 de marzo de 1849 en la ciudad prusiana de Northheim, en el año 1849 y falleció en la ciudad de Hannover, tras su regreso definitivo a Alemania, el 2 de Junio de 1906 a los 57 años de edad.
Graduado en la Universidad realizó sus estudios en teología y geología en la Königlich-Preußische Georg-Augustus Universität de Göttingen en 1869 y 1870. Posteriormente cursó la carrera de Matemáticas y Ciencias Naturales en la misma casa de altos estudios desde 1871 a 1874, año en que obtuvo su doctorado en geología. Su primer empleo fue el de auxiliar en el Instituto Geológico de Prusia, hasta recibir en 1872 una oferta del gobierno de nuestro país para suceder al Doctor Alfredo Stelzner. En el año 1875 asume la cátedra de Mineralogía en la Universidad Nacional de Córdoba y la dirección del museo. Por ese entonces, ante la necesidad de que acudiesen más geólogos a nuestro país, convocó a los hermanos Oscar y Adolfo Döring -éste último junto con el naturalista Pablo Lorentz- acompañaron al Gral. J. A. Roca en la Campaña al desierto del año 1878.
Sus conocimientos sobre nuestro territorio se basaron en exploraciones personales por las provincias del Centro y Noroeste de nuestro país -San Luis, Córdoba, La Rioja, Catamarca, Salta y Jujuy- reuniendo más de 8000 ejemplares de rocas y minerales. Envió a Europa los duplicados de varias muestras locales para su exhibición y estudio en diversos Museos e Instituciones. Uno de ellos es el actual Museo de Ciencias Naturales de Berlín, que recibió de Brackebusch unos 1700 ejemplares de todas ellas.
Está considerado como uno de los grandes maestros de la geología argentina y a partir de 1880 fue miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, llegando a ocupar el cargo de decano y dejando tras su paso una obra monumental que sentó las bases de la geología del interior del país. A él también se deben las primeras obras de síntesis sobre los minerales argentinos. Fue el primer estudioso de las formaciones petroleras del norte argentino. Publicó decenas de trabajos, tanto en el idioma español como en el alemán y en 1888 editó el "Mapa Geológico de la Argentina", a escala 1:1.000.000.
En el año 1875 comienza a realizar recorridos geológicos por las sierras de Córdoba y San Luis y también da inicio a la publicación de sus resultados. En abril de 1877 contrae matrimonio con la señorita María Emilia Charlotte Weule con la cual tendrá seis hijos. Es en su viaje de estudio realizado entre agosto y diciembre de 1883 por la provincia de Jujuy que le permitirá escribir algunos de sus más importantes trabajos. En 1892 publicó su trabajo sobre los pasos de montaña entre Argentina y Chile. Así fue como penetró en las cordilleras del noroeste argentino, prácticamente inexploradas en aquel entonces, trazando mapas topográficos y geológicos de los Andes. De paso, tomó numerosas muestras geológicas y mineralógicas. Sus exploraciones de los desfiladeros en la región fronteriza con Chile fueron de gran importancia geopolítica y científica, ya que reconoció los salares que contenían ulexita o boronatrocalcita, borato común de los salares de la Puna, llegando a Antofagasta de la Sierra, donde tuvo problemas porque estaba ocupada por los chilenos que lo consideraron espía.
A fines de 1888, luego de 15 años de trabajos en la Argentina regresa definitivamente a Ale-

mania.

Entre sus principales obras podemos citar:

Brackebusch, L., 1875. Descripción de las rocas de la sierra de Córdoba. Actas Academia Nacional de Ciencias, 1: 103 - 140. Córdoba.
Brackebusch, L., 1875. Informe sobre un viaje geológico hecho en el verano de 1875 por las sierras de Córdoba y San Luis. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. T. II: 167 -216. Córdoba.
Brackebusch, L., 1875. Vetas de hierro magnético en la sierra de Córdoba. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. T. II: 1 - 31. Córdoba.
Brackebusch, L., 1876. Informe sobre el caolín de la Sierra de Córdoba. Córdoba.
Brackebusch, L., 1879. Informe sobre la Formación Carbonífera de Mendoza. Mendoza.
Brackebusch, L., 1879a. Pozos artesianos en la provincia de Catamarca. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, T. III: 37-45. Buenos Aires.
Brackebusch, L., 1879b. "Informe sobre el Museo Mineralógico de la Universidad Nacional, años de 1875 a 1878". Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, T. III: 135 - 163, Buenos Aires.
Brackebusch, L., 1882a. "Colección mineralógica de la República Argentina (1000 muestras)". Recolectada y compuesta especialmente para la Exposición Continental de Buenos Aires. Exposición continental. Ed. Kraft, Buenos Aires, pp. 52.
Brackebusch, L., 1882b. "La provincia de Jujuy. República Argentina". Ed. Stiller y Laass, Buenos Aires.
Brackebusch, L., 1883a. "Estudios sobre la formación petrolífera de Jujuy: Informe oficial". Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. T. V., Ed. Pablo E. Coni, 50 pp., Buenos Aires.
Brackebusch, L., 1883b. Viaje a la provincia de Jujuy. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Tomo 5, Córdoba.
Brackebusch, L., 1883c. "Viaje a la provincia de Jujuy". Discursos pronunciados en el Instituto Geográfico Argentino (Sección Córdoba). Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, reproducido como "Viaje a la provincia de Jujuy". En: Boletín del Instituto Geográfico Argentino, Tomo IV, 1883.

En la Sociedad Científica Argentina, entre otras, figuran las siguientes publicaciones:

"La Martita". 1876a. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 2, Buenos Aires, pp. 110 - 113.
"Sobre los fósiles: su origen e importancia para la ciencia" (Conf.) 1876b. Salón de Claustro de la Universidad Mayor de San Carlos el 28 de noviembre de 1875. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.1, Buenos Aires, pp. 36 - 54.
"Tierra de porcelana en Córdoba". 1877. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 4, Buenos Aires, pp. 52 - 53.
"Las especies minerales de la República Argentina". 1879. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 7 y t. 8. Imp. Coni, Buenos Aires, 120 pp.
"Estudios sobre la formación petrolífera de Jujuy". 1883. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 15, Buenos Aires, pp. 19 - 58.

De sus piezas cartográficas señalaremos:

"Plano general de la provincia de Córdoba" en escala 1:1.000.000. S/D
"Mapa interior de la República Argentina" del año 1885.
Confeccionó en 1889 para la Exposición de París su "Mapa general de la República Argentina", en escala 1:1.000.000 (13 láminas).
"Relieve de la República", en la misma escala, en yeso. Ambos trabajos fueron premiados en París con la Medalla de Oro.
Brackebusch, L., 1891. "Mapa geológico del interior de la República Argentina", construido sobre los datos existentes, y sus propias observaciones hechas durante los años 1875 hasta 1888. Escala 1:1.000.000. Gotha: Instituto Geográfico Hellfahrt, editado por la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
Brackebusch, L. 1882. "Carta de Jujuy", a escala 1:1.000.000.

Candioti, Marcial Rafael. Ingeniero

Marcial Rafael Candioti nació en la provincia de Santa Fe en el año 1865. Fue, Ingeniero y doctor en Matemáticas egresado de la UBA. Su tesis doctoral denominada "Teoría matemática de la inducción eléctrica" fue reconocida nacionalmente por su avance en dicha área. Profesor, Presidente de la Sociedad Científica Argentina entre los años 1898 y 1900; Ministro de Instrucción, Hacienda y Obras Públicas de su provincia natal en la cual fue quién llevara adelante la idea de construir el puente colgante de la capital santafecina sobre la laguna Setúbal que hoy conmemora su nombre. Diputado nacional entre los años 1908 y 1912. Entre otras destacadas actuaciones en el año 1914 el presidente Victorino de la Plaza lo nombró presidente de Obras Sanitarias de la Nación, cargo que desempeñó por diez años. Durante su gestión, se aprobó la ley nº 10.998, conocida como ley Candioti, de saneamiento urbano y rural de la Nación, mediante la cual se orientó al desarrollo de un plan centralizado para dotar de servicios sanitarios a todos los centros urbanos del país. Se graduó como ingeniero civil y luego se doctoró en Ciencias. Físico-Matemáticas. Había nacido en Santa Fe en el año 1865, hijo de una prolífica familia que compartió con trece hermanos y más de una veintena de sobrinos. De su importante colección de tesis científicas aún pueden leerse sus originales pensamientos, ya que tras su deceso acaecido en el año 1928, las mismas fueron donadas a la Biblioteca Nacional. También se conservan un gran número de documentos entre su correspondencia relativos a las actividades agrarias en la provincia de Santa Fe en las que se pormenorizan las variaciones en las cosechas de maíz, lino y trigo; sobre el correcto uso del suelo -lo que ya lo ubica como un adelantado en esta materia- y el manejo de las haciendas. Así mismo aparece en los Anales de la Sociedad Científica Argentina (t. 29 - 30, pp. 162) la donación que efectuara a la biblioteca de la Sociedad de 300 volúmenes sobre diversas materias, lo cual implica una generosidad de avanzada para con los interesados en acrecentar sus conocimientos.
Entre sus publicaciones son de citar: "Lecciones de álgebra profesadas en la Universidad de Buenos Aires", de 657 páginas, y "Fracciones continuas", editada por la célebre imprenta de Pablo E. Coni en el año 1898 y en nuestra Sociedad:
"Estudio sobre el teorema de Sturm y sus aplicaciones". 1889. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 27, Buenos Aires, pp. 201 - 270.

Döring, Adolf o Adolfo y Oscar. Botánico, químico, zoólogo, naturalistas

Ambos hermanos nacieron en Neuwake, en las cercanías de Hannover, Alemania. Oscar, el mayor de ellos, en el año 1844, falleciendo en Córdoba el día 4 de enero del año 1917,

mientras que Adolfo, su hermano menor, en el año 1848, expirando el 19 de febrero de 1935 en Capilla del Monte (en la provincia de Córdoba), localidad que le debe su primera urbanización, la cual fue diseñada por él.
Convocados a nuestro país por Germán Burmeister fueron dos de los muchos sabios europeos llegados a la argentina a quienes se les deben estudios sobre las aguas continentales, la botánica, geología y zoología nacional así como la estratigrafía cordobesa y patagónica. A Adolfo se lo contrató como ayudante de Máximo Siewert, afamado especialista en la cátedra de Química de la Universidad Nacional de Córdoba, quien estaba a punto de regresar a Alemania, y donde fue rápidamente nombrado titular de dicha asignatura en el año 1875. Fue elegido secretario de la Academia Nacional de Córdoba fundando el Boletín de la entidad. También ocupó hasta 1916 la cátedra de Zoología.
En 1879, conjuntamente con otros afamados investigadores como Pablo Lorentz, Federico Schultz y Gustavo Niederlein, estudió las características del territorio recuperado al invasor indígena proveniente de Chile, como miembro integrante de la comisión científica que exploró la Argentina hasta la región del Río Negro, realizando observaciones geológicas, zoológicas y paleontológicas durante la Campaña al Desierto. La mayoría de sus escritos aparecieron en el Boletín que él había fundado; publicó extensamente sobre la sistemática de los moluscos argentinos, las aguas mineralizadas del interior y la composición estratigráfica patagónica.
Con respecto a Oscar Döering es dable puntualizar que también cursó sus estudios superiores en la Universidad de Göettingen, donde no concluyó su doctorado por haberse trasladado a nuestro país donde, en el año 1875, fue contratado para ocupar la cátedra de "Matemáticas" creada pocos años antes en la Universidad Nacional de Córdoba. A él se le deben una cuantiosa cantidad de observaciones atmosféricas y sobre el magnetismo en la Argentina. Al año de residir en el país fue designado al frente de la asignatura de "Física", materia que impartió hasta el año 1912. Fue Doctor honoris causa por la Universidad Nacional de Córdoba y Presidente de la Academia Nacional de Ciencias. Miembro activo de la Academia alemana Halle, de las Sociedades Meteorológicas de Berlín y de Viena. Descolló fundamentalmente como matemático. Dedicado a la docencia nos ha legado varias obras escritas.

Entre otras podemos mencionar:

1882a. "Medición barométrica de alturas de la sierra de Córdoba". S/D.
1882b. "Sobre la conveniencia de fundar un observatorio magnético en la República Argentina". S/D.
1883a. "Ideas sobre una exploración sistemática del clima de la provincia de Córdoba sin instrumentos". S/D.
1883b. "La variabilidad interdiurna de la temperatura de Buenos Aires". S/D.
1883c. "La variabilidad interdiurna de la temperatura de Bahía Blanca". S/D.
1890. "El clima en la provincia de Córdoba". S/D.
1883d. "Algunas observaciones meteorológicas practicadas en Córdoba (República Argentina) en el año 1882". Boletín de la Academia de Ciencias de Córdoba, Tomo V.
1885. "Observaciones meteorológicas practicadas en Córdoba (República Argentina) durante el año 1884". Boletín de la Academia de Ciencias de Córdoba, Tomo VIII.

De Adolfo Döering es oportuno recordar:

1876. "Bemerkungen über die Bedeutung und Untersuchungen über die chemische Zusam-

mensetzung der Pulmonaten-Schale" (Comentarios sobre la importancia y los estudios sobre la composición química de la cáscara *Pulmonata*). 1872. Ed. Huth. 41 pp.
1877. "La química del carbono o tratado de química orgánica según las teorías modernas, con aplicación a las artes, industria, medicina y farmacia". S/D.
1879. "Apuntes sobre la Fauna de Moluscos de la República Argentina". Boletín de la Academia de Ciencias de Córdoba, Tomo III.
1881. "Informe Oficial de la Comisión Científica Agregada al Estado Mayor General de la expedición al Río Negro: (Patagonia) realizada en los meses de abril, mayo y junio de 1879, bajo las órdenes del General Roca". Imprenta Ostwald y Martínez, 530 pp.
En Internet: https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/2504 (Digitalizado), [Consultado] 2018, agosto 02.
1882. "La sierra de *Choyque Mahuida*". Instituto Geográfico Argentino, Buenos Aires, pp.105
1884. "Informe sobre un sedimento lacustre fosilífero encontrado en la perforación del Desaguadero (Ferro-carril Andino)". En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t.18, Buenos Aires, pp. 5 - 25.
1914. "Der *altere Lenneschiefer* in der Gegend von Gummersbach". Ed. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universitat, 40 pp.
1939. "Diario de los miembros de la Comisión científica de la expedición de 1879". Ed. Imprenta López, 174 pp.

Gallardo, Ángel Juan Pedro. Biólogo, botánico, naturalista

Nació en Buenos Aires un día 19 de noviembre del año 1867, habiendo fallecido el día 13 de mayo del año 1934. Fue Presidente de la Sociedad Científica Argentina en el período 1896 - 1897 y Presidente de la Comisión Redactora de los *Anales* de la SCA en los años 1896, 1897 y 1899; vocal de la SCA en el año 1898, ingeniero civil, doctor en Ciencias Naturales y, además, político argentino que se desempeñara como Presidente del Consejo Nacional de Educación, Ministro Plenipotenciario en Italia en el año 1921 y más tarde Ministro de Relaciones Exteriores en el gobierno del presidente Alvear. Fue Rector de la Universidad de Buenos Aires y su vida estuvo jalonada por innúmera cantidad de distinciones científicas, tanto de nuestro país como del extranjero. Desarrolló una obra de alto nivel teórico en el ámbito de las ciencias naturales, ocupándose de los problemas de la herencia biológica y de la división celular. Realizó sus estudios en el Colegio Nacional de Buenos Aires y en 1887 ingresó en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UBA para diplomarse en Ingeniería civil en 1894. En 1892 se dedicó a las Ciencias Naturales al comenzar su carrera como profesor de historia natural en el Instituto Libre de Enseñanza Secundaria. Enseñó Botánica e Historia Natural en el Colegio Nacional y Zoología en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, donde fue Rector en 1932. Fue elegido Miembro Titular de la Academia Nacional de Medicina en el año1909, y al fallecer ocupaba el mismo rango en las Academias Nacionales de Agronomía y Veterinaria, de Ciencias de Córdoba y en la Academia Argentina de Letras. Era también Académico Honorario del Instituto del Museo de la Universidad Nacional de La Plata. Entre sus múltiples investigaciones citamos las siguientes:

Publicaciones en la SCA:
"Fecundación de las casuarináceas". 1893. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, Entrega V, t. 36, Buenos Aires, noviembre, pp. 238 - 240.
"Nomenclatura de las posiciones y direcciones en los cuerpos animales". 1894. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, Entregas I y II, t. 38, Buenos Aires, enero, febrero y marzo,

pp. 134 - 141.
"Flores e insectos" (Conf.). 1894. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, Entregas I y II, t.38, Buenos Aires, julio y agosto, pp. 240 - 269.
"Proyecto de instalación para una fábrica de cal común". 1894. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, Entregas V y VI, t. 38, Buenos Aires, noviembre y diciembre, pp.193 - 222.
"La carioquinesis". 1896. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 41 - 42, Entrega VI, t. 42, Buenos Aires, segundo semestre, pp. 5 - 34.
"Semillas y frutos" (Conf.). 1896. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, Entrega VI, t. 41 - 42, Buenos Aires, segundo semestre, pp. 217 - 253.
"La Reforma Universitaria". 1898. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, Entrega I, t. 45 - 46, Buenos Aires, segundo semestre, pp.193 - 222.
"El Neomylodon Listae". 1899. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, Entrega V, t. 47, Buenos Aires, segundo semestre, pp. 257 - 261.
Sus investigaciones fueron célebres en el exterior. Fue Presidente del Consejo Nacional de Educación durante el gobierno de Hipólito Yrigoyen y Ministro de Relaciones Exteriores y Culto entre 1922 y 1928, durante la presidencia de Marcelo T. de Alvear. Publicó una tesis sobre la división celular por una acción bipolar, comparable a la electricidad o el magnetismo que fue presentada en la Sorbona de Parías en 1912 y se transformó en la explicación científica considerada más probable durante muchos años. Como un experto entomólogo, se ocupó de estudiar a las hormigas y publicó *"Las hormigas de la República Argentina"*, obra clásica en la literatura respectiva. Además de las Academias Nacionales Argentinas que lo distinguieron, era Miembro Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid; Profesor honoris causa de las Universidades de Padua y de Bonn; Miembro Honorario de la Universidad Mayor de San Marcos de Lima y de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile; Miembro Correspondiente de la Sociedad Científica Antonio Alzate de México, de la Sociedad Científica de Chile, de la *Zoological Society* de Londres, de la *Societé de Biologie* de París, de la Sociedad Cubana de Historia Natural, etc.

Entre sus otras obras solamente indicaremos:
Gallardo, A. 1912. "Observaciones sobre una hormiga *invasora Iridomyrmex humilis Mayr*". Physis (Buenos Aires) 1:133-138. [1912-12-31]
Gallardo, A. 1916b. "Las hormigas de la República Argentina. Subfamilia Dolicoderinas". Anales del Museo Nacional de Historia Natural, Nº. 28, Buenos Aires, pp. 1 - 130.
Gallardo, A. 1916c. "Notas acerca de la hormiga *Trachymyrmex pruinosus Emery*". Anales del Museo Nacional de Historia Natural, Nº. 28, Buenos Aires, pp. 241-252.

Holmberg, Eduardo Estanislao. Naturalista, médico, escritor

Nació en Buenos Aires el 27 de junio de 1852 y falleció en su ciudad natal el 4 de noviembre de 1937.
Cursó sus estudios primarios en escuelas privadas y se inscribió luego en los cursos preparatorios de la Universidad, finalizados en la Facultad de Medicina. Presentó su tesis doctoral en 1989 sobre "El Fosfeno". Hombre de monumental cultura general tenía entonces solamente 28 años, con amplio conocimiento de varios idiomas y actuaba en medios donde mantenía relaciones tanto con hombres de ciencia y personalidades de las letras. Poseía capacidad para escribir sin esfuerzo en buen castellano y podía dedicarle muchas horas del día al trabajo y la escritura, por lo cual se explica que haya dejado una profusa obra científica

y literaria.
Fue elegido Miembro Titular de la Academia de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, el 12 de julio de 1890 y su Presidente el 21 de noviembre de 1922. Permaneció vinculado a la misma y a las Academias de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y la Nacional del mismo nombre, hasta su fallecimiento el 4 de noviembre de 1937.
Gestionó ante el Presidente de la Nación, Dr. Marcelo T. de Alvear para la creación de nuevas Academias, particularmente la de medicina. Además son de mucho interés las iniciativas que tuvo su gestión para fomentar el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en beneficio del país. Fue promotor en el año 1925 de recibir a Alberto Einstein, quien efectúo un viaje a Buenos Aires en esa época. Actúo poco como médico y como naturalista y fue uno de los primeros ejemplos de egresados de aquella casa de estudios que realizara investigaciones importantes en el campo de las ciencias biológicas básicas.
Fue profesor desde muy joven. Tenía 23 años cuando fue nombrado Profesor de Historia Natural de la Escuela Normal de Profesores. Dos años después enseña Física y Química y obtiene que se cree un Laboratorio al cual lleva material para trabajar con sus alumnos. Cuando en 1890 Carlos Berg se ausentó por un tiempo de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, fue invitado a ocupar la cátedra de botánica que no tenía profesor, en un curso de sistemática que se dictaba a farmacéuticos y agrimensores. Cuando Berg fallece en 1902, ocupó definitivamente la misma, que no dejó hasta su jubilación en 1915.
En el nivel superior de la enseñanza aplicó los mismos métodos que había experimentado en el nivel secundario. Ponía en contacto a sus alumnos con la naturaleza argentina (que conocía muy bien). En 1872 antes de doctorarse de médico, su interés por las ciencias naturales y el país, lo había impulsado a recorrerlo. Sus viajes se inician con una excursión a la Patagonia, a la cual se suceden otras que le permitieron tener un panorama muy amplio no sólo de nuestra flora y fauna, sino también de sus aspectos geológicos y del paisaje que su naturaleza presentaba.
Fue el primer director del Jardín Zoológico de la ciudad de Buenos Aires, cargo que mantuvo durante 12 años.
Eligió a la Sociedad Científica Argentina para pronunciar sus diversas conferencias. Merece además ser citada la que dictó en el Teatro Nacional, organizada por el Círculo Médico Argentino, el 19 de abril de 1882, poco después de la muerte de Carlos R. Darwin. Precedido por Domingo Faustino Sarmiento, (quien se ocupó del mismo tema), habló delante de un auditorio de tres mil personas y lo hizo durante tres horas. Holmberg estaba preparado para asimilar rápidamente las ideas que Darwin había expuesto en 1859 en la primera edición de su libro "El Origen de las Especies"; las dio a conocer en sus clases y divulgado en escritos. La conferencia fue publicada posteriormente en forma de libro, y su lectura resulta de interés, porque muestra claramente la posición de joven profesor en las polémicas científicas que la misma había desatado.
Sus publicaciones son muy numerosas. Las de carácter científico se refieren principalmente a temas de botánica y zoología, predominando los últimos. Los más profusos son sus trabajos sobre arañas y su primera publicación científica (que data del año 1874) forma parte de los mismos. Sus estudios botánicos han sido analizados por el ex Director del Instituto Darwinion, Arturo Burkart, en una conferencia que posteriormente fue publicada.
Sus trabajos se encuentran principalmente en las publicaciones de la Academia de Ciencias de Córdoba, en los Anales del Museo de Buenos Aires y en los Anales de la Sociedad Científica Argentina. Dejó además mucho material inédito.
Un año después al concurrir al Congreso de Ciencias Naturales celebrado en Tucumán, recibió la bienvenida de sus colegas y allí hizo la siempre recordada declaración sobre la

satisfacción que sentía, "de ser el primer argentino que ha enseñado Historia Natural y el primero también que dentro de sus clases se ha valido de ejemplos argentinos."
Fue Vocal de la Comisión Redactora de los Anales de la SCA en el año 1887 y con posterioridad en 1888, 1889; Vocal de la Junta Directiva de la SCA en los años 1889 y 1890.
Entre sus múltiples publicaciones solamente citamos algunas de las aparecidas en los *Anales* de nuestra Sociedad:
"Sobre Ápidos nómadas de la República Argentina". 1886. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 22, segundo semestre, Buenos Aires, pp. 231 - 286.
"Los peces".1899. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 28, Buenos Aires. pp. 108 - 121.
"Jardín zoológico de Buenos Aires". 1890. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 29 - 30, Buenos Aires, pp. 5 - 21.
Una gran parte de sus obras, a su vez, pueden encontrarse en: Hicken, Cristóbal M. 1922. "Bibliografía del Doctor Eduardo Ladislao Holmberg" Revista *Darwiniana* del Instituto *Darwinion* dependiente del CONICET.

Huergo, Luis Augusto. Ingeniero

Nació en Buenos Aires (1 de noviembre de 1837). Fue primer ingeniero graduado en la República Argentina (1870), si bien, con anterioridad, ya se había recibido como agrimensor (1862).
Se desempeñó como el primer Presidente de la SCA (1872-4), hecho que se repitió en dos oportunidades (1878-9 y 1881-2). Para destacar este hecho es oportuno afirmar que en solamente en un caso (Carlos María Morales, que lo ha sido en cinco oportunidades), nuestra Sociedad estuvo tantas veces presidida por una misma persona. A ello cabría agregar, solamente a manera de *racconto*, las tres presidencias ejercidas recientemente por Ángel Alonso (2009-11; 2011-13 y a partir del año 2017). Tras realizar diversos proyectos de ingeniería, como ser un tramo del ferrocarril hasta Villa Mercedes, en la provincia de San Luis, varias canalizaciones fluviales, el puerto de San Fernando con su dique de carena (el primero en el país), fue designado director de las obras sobre el Riachuelo donde se construyó un puerto para barcos que, en aquella época, eran considerados de gran calado.
Mantuvo una fuerte polémica académica por la construcción de un nuevo puerto frente a la ciudad de Buenos Aires, obra que -intervención mediante del Presidente de la Nación Julio A. Roca-, finalmente fue adjudicada a Eduardo Madero. También realizó varios estudios hidráulicos y portuarios. Fue co-fundador y presidente del Instituto Geográfico Argentino, donde ya se destacaba la figura de Estanislao Zeballos y del Centro Nacional de Ingenieros. Diputado y senador provincial y ministro de Obras Públicas de la provincia de Buenos Aires. Falleció en 1913 y sus restos reposan en el cementerio de La Recoleta.

Iturbe, Miguel. Ingeniero

Su nombre y apellidos completos eran Miguel Antonio Iturbe Ojeda, nacido el 30 de diciembre del año 1865 en la ciudad de San Salvador de Jujuy y fallecido en la ciudad de Buenos Aires el día 27 de diciembre del año 1927 a la edad de 61 años.
Se graduó de ingeniero en 1884 y fue el primer administrador de la AGFE (Archivo General de los Ferrocarriles del Estado), nombrado por el Poder Ejecutivo como administrador general. Previamente se había iniciado entre 1889 y 1892 en la Comisión de las Obras del Riachuelo, en el seno del Departamento de Obras Públicas, para pasar luego a ser el jefe de

la Comisión de Estudio del Ferrocarril a Bolivia entre los años 1896 y 1900. A partir de allí desempeñó otras funciones afines, como la de inspector de las Obras ferroviarias de Jujuy a La Quiaca, entre 1902 y 1905 y director general de las Obras del FCCN entre 1905 y 1908. En el momento de asumir como primer administrador de la AGFE ocupaba el cargo de subsecretario del Ministerio de Obras Públicas.

Cuando en Junio de 1894 los gobiernos boliviano y argentino firmaron un convenio para la unión ferroviaria entre ambos países la comisión de ingenieros, designada por el Poder Ejecutivo nacional, llegó a Jujuy y Salta presidida por el ingeniero Miguel Iturbe. Finalizados los estudios, la comisión seleccionó el trazado por la quebrada de Humahuaca. En 1903 se dio comienzo a las obras de construcción del ferrocarril a Bolivia y el diseño de la nueva estación de San Salvador de Jujuy. Previamente, en el transcurso de 1896 se requería dar principio al estudio técnico de las trazas por las comisiones mixtas de ingenieros, nombradas por el gobierno de ambos países. Se solicitó que la designación "*.... recaiga en personas competentes e imparciales, como los ingenieros Miguel Iturbe, Bergallo, Pelleschi, Macklinlay, Alfredo Seurot u otros análogos....*" Finalmente en el mes de febrero de 1897 la comisión ferroviaria integrada por los ingenieros Miguel Iturbe y Juan Rauch también inició el análisis de los proyectos para la construcción de la estación de Jujuy del ferrocarril. Su destacada labor como ingeniero dedicado a las obras ferroviarias también tuvo importancia en la prolongación de las vías desde San Salvador de Jujuy hasta la localidad de La Quiaca, llegando el primer convoy a esta localidad en el mes de diciembre del año 1907.

Vocal Titular de la Junta Directiva de la Sociedad Científica Argentina en el año 1894 fue Presidente de la Comisión Redactora de los *Anales* a partir de los tomos XXXVI del año 1893 y XXXVII del año 1894; del Tomo XXXVIII (julio y agosto del mismo año) y del Tomo 39 - 40 del año 1895.

Pasó a dirigir como Presidente los destinos de nuestra Sociedad en el lapso comprendido entre los años 1894 y 1895.

Krause, Otto. Ingeniero

Nacido en la bonaerense localidad de Chivilcoy el 10 de julio del año 1856 fue un ingeniero y pedagogo argentino, fundador de la primera escuela de enseñanza técnica de la Argentina en el año 1899, la que hoy lo recuerda llevando su epónimo.

En el año 1870 su familia se mudó a la Capital Federal, circunstancias por las que realiza sus estudios secundarios en el Colegio Nacional de Buenos Aires y luego se gradúa de ingeniero civil en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires. Su tesis versaba sobre las condiciones de tracción en los ferrocarriles. Trabajó como ayudante de la Sección Ingenieros en obras del Ferrocarril Oeste. Después, es trasladado a Tucumán para proyectar y realizar la prolongación del ferrocarril hacia Salta. En 1884 se hace cargo de la cátedra de "Máquinas a vapor, bombas y grúas" en la Escuela de Ingeniería de Ciencias Físico - Matemáticas y Naturales. En 1909 fue designado Director de Enseñanza Industrial de la Nación. Durante su fecunda gestión y por su iniciativa se fundan las escuelas industriales de las ciudades de Santa Fe, Rosario, La Plata y, en el interior bonaerense, en su ciudad natal (Chivilcoy) y en la cercana localidad de 25 de Mayo.

La Escuela Técnica N° 1 "Otto Krause" cumplió en 1999 el primer centenario de su fundación, tras constituirse como entidad independiente con la denominación de "Escuela Industrial de la Nación". Allí se realizaban las especialidades de Mecánica, Química y Construcciones. Luego se agregó la de Electricidad, y más tarde, tras incursionar en otras orientaciones, surgieron Computación y Electrónica, en consonancia con los grandes avances tecnológicos del presente siglo.

Ya era miembro de nuestra Sociedad hacia el año 1890 conjuntamente con dos de sus hermanos, cuando a requerimiento de la Junta Directiva de la misma realiza y publica el "Informe sobre el *wagón* bélico del Señor *Montagner*", en colaboración con L. A. Viglione y M. R. Candioti, que aparece en el t. 29 de los *Anales* del año 1890, pp. 53 - 56. Con anterioridad, en el año 1882, había editado en el t. 14 de *Anales* de la Sociedad Científica Argentina "Condiciones de tracción en los ferrocarriles (Conclusión)", pp. 63 - 82.
Falleció el día 14 de febrero del año 1920 en la ciudad de Buenos Aires y sus restos mortales descansan en el cementerio de La Recoleta.

Kyle, John Joseph Jolly. Químico

Fue el segundo presidente de la Sociedad Científica Argentina (1874 - 1875). Había nacido en Escocia (1838), donde se educó; emigró a nuestro país en 1862, tras la reunificación de la República Argentina post Caseros. Durante la Guerra de la Triple Alianza se desempeñó como farmacéutico del Ejército Nacional; integró el cuerpo médico y participó en el asedio a Uruguayana, las batallas de Boquerón y Tuyutí. Para entonces se había nacionalizado (1873). También sirvió a bordo del Buque Hospital Pavón y experiencias durante la guerra lo condujeron a interesarse en la fundación de la Cruz Roja Argentina, de la cual fue nombrado miembro honorario (1896).
Un pionero de la química argentina; se desempeñó como profesor en el Colegio Nacional de Buenos Aires (1871) y en la Universidad de Buenos Aires (1889); jefe de la Casa de la Moneda de la República Argentina (1881); en la Inspección General de Obras Sanitarias (1890); director de la primera tesis doctoral de química en nuestro país (1901).
En su honor, la Asociación Química Argentina otorga cada lustro el premio *Dr. Juan J. J. Kyle* a la mejor contribución a cualquier rama de la química. Publicó más de 60 investigaciones sobre una gran diversidad de temas. Falleció el 23 de febrero de 1922.

Lavalle, Francisco. Ingeniero

Condujo a la Sociedad Científica Argentina, por corto tiempo, durante 1875, figurando como su tercer presidente. Había nacido en 1841 y era un destacado especialista en álgebra y geometría, asignaturas que dictó en la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, donde trabó amistad con Carlos Stegman (y ambos integrarían la comisión directiva de nuestra la sociedad: como secretario y vocal). Fue el primer presidente del Departamento de Ingenieros de la provincia de Buenos Aires, a partir de 1875, cuando se realizaran las últimas entregas de más de 4 millones de hectáreas que aun pertenecían a la provincia. A partir de esos momentos dirigió las obras públicas para controlar las periódicas inundaciones en las áreas ya ocupadas por la actividad agropecuaria. Falleció en el año 1909 tras haber formado parte de la comisión de estudios para la radicación de la nueva capital provincial en el año 1881 y fue presidente del jurado para entender en el concurso internacional convocado para la realización de los nuevos edificios públicos. Fue director del Banco Provincia (1883-4) y ejerció la dirección de las obras de aprovechamiento de aguas para los edificios en construcción y la totalidad de las obras de salubridad y aguas corrientes de La Plata, entre otras varias actividades relacionadas con su profesión.

Lista, Ramón. Explorador, geógrafo

Nace en Buenos Aires en el año 1856 y fallece en las proximidades de Orán (provincia de

Salta) asesinado en una emboscada en el año 1897.
Estudió en el Colegio Nacional Buenos Aires y siendo muy joven ejerció como profesor de Historia y Geografía en el Colegio del Salvador de la ciudad capital argentina. En 1875 viajó a Francia y Alemania. Regresó a Buenos Aires en 1877. Se incorpora a la Sociedad Científica Argentina y realiza sus primeras exploraciones en la provincia de Entre Ríos.
En 1877 inicia sus viajes a la región patagónica y en el año 1878 desembarca en el puerto de Santa Cruz junto con el Teniente Carlos María Moyano, -un explorador de fuste que ya había compartido hallazgos junto con Luis Piedrabuena, el perito Pascasio Moreno y el Comodoro Luis Py-. Juntos exploraron el río Santa Cruz, el río Chico y el río Chalía.
Fue miembro fundador del Instituto Geográfico Argentino en el año 1879 (conjuntamente con Estanislao Zeballos, Manuel José Olascoaga, Clodomiro Urtubey y Martín Rivadavia, entre otros). Un año más tarde realiza nuevas exploraciones en la bahía San Antonio, dejando notas y trabajos escritos referentes a todas sus exploraciones.
Viajero incansable, en el año 1882 investiga las realidades geográficas de la escasamente conocida provincia de Misiones; en 1885 dirige otra expedición desde Bahía Blanca hacia el interior rionegrino y chubutense (alcanzó las actuales localidades de Valcheta y Telsen), costeando el océano Atlántico por Carmen de Patagones, Bahía San Antonio, Puerto Madryn y Trelew -donde ya se habían instalado los inmigrantes de origen galés- hasta llegar a Puerto Deseado. En 1886 reconoce la isla Grande de la Tierra del Fuego explorándola en su porción oriental que, tras los tratados de límites con la República de Chile, ya pertenecía a nuestro país. Le acompañaba el célebre sacerdote salesiano José Fagnano, con quién tuvo intensas disputas. En 1887, fue nombrado gobernador del Territorio Nacional de Santa Cruz (que por aquél entonces estaba integrado con la Tierra del Fuego), instalándose en Río Gallegos donde sitúa a la capital del mismo. Descubrió el lago Viedma y se instala en Paso del Roble, a 200 km de la casa de Gobierno en una toldería de los aborígenes Aoni-Kenk.
En 1896 se dirige hacia el chaco argentino, tratando de averiguar las posibilidades de navegación del río Pilcomayo donde, a la edad de 41 años, lo encuentra la muerte. Miembros de la Sociedad Geográfica Argentina fueron a buscar sus restos a Orán y los trasladaron para su enterratorio en el cementerio de La Recoleta donde descansan a partir del año 1898 en el panteón de la familia Andrade.
Entre sus obras recordamos:

"Proyecto de un viaje científico al interior de la Patagonia". 1877-1878. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 5, Buenos Aires, pp. 61 - 63.

"Viajes a la Patagonia Septentrional". 1878. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 6, Buenos Aires, pp. 11 - 19.

"Los Charrúas".1881. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 11, Buenos Aires, pp. 134 - 139.

"La vizcacha de la Patagonia". 1895. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 39 - 40, Buenos Aires, pp. 302 - 303.

"Les Cimètieres et Paraderos Minuanes". 1878. *Reveu d' Antropologhie* de París, París, Tomo 1.

"Viaje al país de los tehuelches. Exploraciones y descubrimientos en la Patagonia". 1879. Ed. Martín Biedma, Buenos Aires, pp. 83.

"Viaje al país de los onas, Tierra del Fuego". 1887. Reed. A. Núñez, pp. 145. En: INTERNET (digitalizado por Google): *Collections of Harvard University, Identifier-ark ark*: /13960/t0cv4k73z [Consultado] 2018, agosto 12

"Los tehuelches, una raza que desaparece". 1894. Reed. Ed. Continente Blanco, Buenos Aires, pp.128.

Lynch Arribálzaga, Enrique. Zoólogo, ornitólogo, entomólogo

Nació en el año 1856 en la ciudad de Buenos Aires y falleció en la ciudad de Resistencia (Chaco, provincia en la cual se había asentado cuando aún era un Territorio Nacional), el 28 de junio del año 1935.
Junto con Eduardo L. Holmberg funda en el año 1878 la primera revista de historia natural de nuestro país llamada "El naturalista argentino" en la cual firma sus primeras investigaciones. Participó conjuntamente con Florentino Ameghino, Carlos Berg y Eduardo L. Holmberg en la "Comisión del Proyecto del Jardín Zoológico" de la ciudad de Buenos Aires.También fue político, historiador y periodista y un gran defensor de los derechos de los aborígenes chaqueños. Trató de mejorar las condiciones agrícolas del norte argentino poniendo todos sus conocimientos en esta empresa. En 1881 participó de una expedición científica al mando del Comandante Luis Jorge Fontana, cuando éste era secretario de la gobernación de estos territorios. Durante esa campaña coleccionó insectos, plantas, arácnidos, etc. En 1886 reemplazó a Florentino Ameghino en la cátedra de zoología en la Universidad Nacional de Córdoba. Fue invitado por la Sociedad Científica Argentina para dictar una conferencia que poco tiempo después publicó con el título de "Veinte días en el Chaco", aparecida en el t. 12 del año 1881 de los Anales de la SCA, pp. 228 - 240. Con posterioridad pasó a ser miembro de la Comisión Redactora de la Institución en el año 1881. Entre 1897 y 1898 fue secretario del Perito Dr. Francisco Pascasio Moreno, cuando este tuvo que realizar la demarcación de los límites argentino - chilenos; fue jefe de la Sección Entomológica del Museo Nacional y en 1902 fue encargado honorario de la Sección Ornitológica. Ya entrado el siglo XIX se desempeñó como interventor del Concejo Municipal de Resistencia en el año 1931 y dada su multifacética personalidad aceptó desempeñarse como Juez de Paz, Comandante de la Guardia Nacional; Diputado de la Legislatura de la provincia de Buenos Aires, etc. Siempre preocupado `por la región chaqueña introdujo el "Verde de París" como plaguicida natural del algodonero. Publicó numerosos trabajos sobre problemáticas políticas, sociales y económicas en diarios y revistas de Buenos Aires, La Plata y Chile.

Entre sus múltiples obras podemos mencionar:

"*Calliphora anthropophaga* Conil". 1879. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.7, Buenos Aires, pp. 253 - 258.
"Compsonya Macellaria (F). Observaciones críticas sobre los caracteres, la sinonimia, etc., de este múscide". 1880. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 10, Buenos Aires, pp. 248 - 253.
"Asílidos argentinos". 1882. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.11, Buenos Aires, pp. 17 - 32.
"Asílidos argentinos". 1883a. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.14, Buenos Aires, pp. 132 - 141.
"Asílidos argentinos". 1883b. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t.15, Buenos Aires, pp. 5 - 18 y 79 - 90.
Lynch Arribálzaga, E. 1923. "Fastos precursores e iniciales de la ciudad de Resistencia". Resistencia, Región, 1972. 47 pp. Reed. En: "Anales Históricos" publicados en 1923 en el Boletín Municipal de Resistencia.
Lynch Arribálzaga, E. 1924. "Materiales para una bibliografía del Chaco y Formosa". Resistencia, Establecimiento Tipográfico Juan Moro.

Morales, Carlos María. Doctor, Ingeniero

Nació en el año 1860 y falleció en el año 1929 en la República Oriental del Uruguay. Fue un destacado profesional y político uruguayo que desempeñó importantes cargos públicos y de gobierno a ambas orillas del Plata. En el Uruguay fue miembro del ex Consejo Nacional de Administración entre los años 1923 y 1927 y luego senador, en cuyo último cargo, ocupando la presidencia del Senado y de la Asamblea General, lo sorprendió la muerte.
Persona de gran civismo participó junto a Federico Devoto, Onorio Stoppani, Alcides Casaubon y otros destacados ciudadanos en la fundación de la "Sociedad de Fomento de Villa Devoto" el 10 de marzo del año 1896.
Fue Presidente de la Sociedad Científica Argentina en dos períodos: 1890 - 1891 y 1895 - 1896, habiendo contribuido generosamente con la donación de 10 acciones para la compra del terreno donde erigir la sede social de la SCA, tal como figura en el t. 29 - 30, pp. 31.
En 1890 presidió la Comisión redactora de los *Anales* (t. 29) en sus diversas entregas; ídem con el t. 29 - 30 y durante el año 1891 (t. 31).

Noceti, Domingo Nicolás. Ingeniero

Nació en Buenos Aires el día 11 de junio del año 1865 y falleció en la Capital Federal el 27 de marzo de 1925. Fue un padre prolífico (tuvo siete hijos) y estuvo emparentado con varias familias terratenientes argentinas. Tanto él como su hermano Gregorio -también miembro de la Sociedad Científica Argentina, tal como figura en el Tomo 31 de los Anales de nuestra Institución- colaboraron intensivamente para el progreso de la misma.
Fue Presidente de la Comisión Redactora de los Anales de la SCA a partir del año 1898, tal como figura en la Entrega I del Tomo XLV del mes de enero de dicho año; tarea que continuó hasta finalizar la Entrega anual. Vocal Titular de nuestra Sociedad en los años 1899 y 1900 y Vicepresidente de la SCA, (acompañando en la Presidencia al Ingeniero Carlos Bunge) en los años 1893 y 1894. Tuvo una exitosa labor al frente de nuestra Institución cuando ocupó su presidencia en el período 1897 - 1898.
Dada su proverbial generosidad no es de extrañar que en el Tomo 29 - 30 de los Anales aparezca su donación de dos acciones para la adquisición de un terreno destinado a la sede de la SCA.

Pico, Pedro. Ingeniero

Nació el mismo año que la patria (Buenos Aires, 1810). Fue becado por Bernardino Rivadavia para cursar estudios en el Westminster College, donde obtuvo el título de ingeniero. En Francia colaboró en el Observatorio de París en la fundamentación de importantes estudios geodésicos. Regresó a América para integrarse durante el sitio de Montevideo a los emigrados antirosistas. Allí elaboró diversos mapas, uno de los cuales aún se conserva en la Biblioteca Nacional de Francia. Fue profesor en la Universidad de Buenos Aires, miembro del Departamento Topográfico, jefe de Geodesia del Departamento de Ingenieros Civiles y presidente del Instituto Geográfico Argentino. En 1852 revistó dentro del Departamento Topográfico de la Provincia de Buenos Aires junto a Pedro Benoit -padre e hijo-, Antonio Malaver, Saturnino Salas, etc.
Presidente de la SCA y -simultáneamente- de la Comisión Redactora de los Anales durante los primeros años de su existencia. En la ciudad de Bahía Blanca existe hoy un barrio que lleva su nombre y que lo recuerda como el gran escritor y científico que representó a Bahía

Blanca en la Asamblea General Constituyente del año 1853 y que también estuvo a cargo de la dirección de los relevamientos y mensuras que determinaron los primeros límites del actual partido bonaerense en la localidad de Ingeniero White. Entre otras de sus múltiples actividades se puede mencionar que fue el autor de las mensuras utilizadas para la traza del ejido urbano de la localidad de Rauch, cabecera del partido homónimo, durante el año 1872.

Ringuelet, Augusto. Ingeniero

Nació en *Couertesoult* en Francia (Alta Sajonia) en 1829. Cursó estudios en el Liceo de Besançon y en 1848 ingresó en la Escuela de Artes y Manufacturas de París, donde se graduó de ingeniero (1851). Se desempeñó en varias empresas ferroviarias europeas y llegó a nuestro país en 1863 para trabajar en la ampliación del Ferrocarril del Oeste (donde alcanza el cargo de gerente), realizando como profesional numerosos trazados y dirigiendo importantes obras ferroviarias. Con posterioridad -y tras su fundación-, en el año 1882 se instala en la ciudad de La Plata. Falleció el 14 de julio de 1915.
En 1871 dirigió la construcción del ramal a Chacarita y proyectó y tuteló la construcción de líneas telegráficas y ampliaciones de las ferroviarias, que, por aquella época, se acrecentaban a hacia todas las latitudes y confeccionó el primer Reglamento General de Ferrocarriles (1873). Miembro de numerosas comisiones para estudios y proyectos de puentes en la llanura pampeana, edificios y el puerto de la Ciudad de Buenos Aires. Al fundarse la SCA, acompaña como vicepresidente a Luis A. Huergo (1872 - 1874).

Schickendantz, Friedrich. Químico, botánico, naturalista

Friedrich Schickendantz -su nombre se castellanizó como Federico- es un científico de múltiples aristas dedicado tanto a las ciencias físicas, exactas y naturales como a la filosofía. Nacido en Landau (Renania) en el mes de enero de 1837 más tarde tomó la nacionalidad argentina. Fue un especialista en mineralogía, geología, química, botánica y meteorología, campos del saber que dominaba a la perfección. Sus primeros estudios los realizó en la Universidad de Múnich y en la de Heidelberg. Estando en Europa obtuvo la oportunidad de trabajar como especialista en mineralogía en la localidad de Andalgalá, en la provincia de Catamarca en una mina donde desarrolló el método que pasaría a conocerse con su apellido para separar los placeres auríferos de los cupríferos. Según algunos investigadores aprovechó su estadía en el lugar para estudiar las especies vegetales regionales, muchas de las cuales todavía eran desconocidas en Europa. Hizo contribuciones al estudio de los alcaloides encontrados en estas plantas, (particularmente del quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), algunos de los cuales finalmente encontraron usos terapéuticos. También efectuó estudios que trataban de la agricultura, la minería y la conservación del agua en la región.
En la ciudad de Catamarca se convirtió en rector del Colegio Nacional y creó un curso sobre mineralogía aplicada. Más tarde, a instancias del Presidente Domingo Sarmiento, se mudó a la limítrofe provincia de Tucumán, donde fundó el ingenio azucarero "Trinidad", sitio en el cual consiguió cimentar distintos avances tecnológicos para la industria cañera. Luego dirigió la oficina de química de la provincia, donde fue mentor del afamado naturalista Miguel Lillo, reconocido botánico, geólogo y zoólogo argentino en el cual la actual Fundación dependiente la Universidad Nacional de Tucumán hoy lleva su nombre, editando investigaciones sobre los avances de estas ciencias en nuestro país.
Hacia 1892 se traslada a la ciudad de Buenos Aires, donde enseño en el Colegio Nacional estando simultáneamente a cargo de la sección de química del Museo de La Plata, cargo para

el que fuera convocado por Francisco Pascasio Moreno.
Interesado también por los temas relacionados con la cultura y el lenguaje de Argentina se dedicó al estudio de la filología, adentrándose en la estructura y la evolución de las lenguas autóctonas y su desarrollo histórico y literario, como así también a la arqueología.
Su deceso se produjo el 4 de abril de 1896 en la ciudad de Buenos Aires.
De sus múltiples publicaciones recordamos:

Schickendantz, Friedrich y Burmeister, Germán. 1868. Bajo el título original de: "Physikalisch-geographische Skizze des nordwestlichen Theiles der Argentinischen Provinzen von Tucuman und catamarca. N ach eigenen Beobachtungen und Mittheilungen Ortsansässiger, besonders des Herrn Friedrich Schickendantz in Pilciao entworfen von Dr. Hermann Burmeister". Gotha, Justus Perthes, Perthes' Geographischer Anstalt ,1868. 15, 9, 7.
Schickendantz, Friedrich. 1879. "Estudios metalúrgicos". En: Boletín de la Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, t. II, pp. 46.
Schickendantz, Friedrich y Lafone Quevedo, Samuel.1881. "Las Industrias de Catamarca", (Publicación Oficial), Imprenta del Estado, pp. 57.

Y en los tomos de Anales de nuestra Sociedad:

"Estudio sobre la caña de azúcar". 1886. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 21, Buenos Aires, pp. 213 - 234.
"Sobre la determinación de la glicosa en los vinos y en los productos de la industria azucarera" (en Col. con Miguel Lillo). 1887. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina t. 23, Buenos Aires, pp. 9 - 16.
"Oficina Química Municipal de Tucumán. Estudios enológicos". 1887. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 24, Buenos Aires, pp. 133 - 140.
"Alumbre ferroso". 1891. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina t. 31, Buenos Aires, pp. 189 - 190.

Spegazzini, Carlos Luis. Botánico

Este eminente botánico, experto en el estudio de los hongos, nació en el Piamonte Italiano el 20 de abril del año 1858. Realizó sus primeros estudios en el afamado colegio Marco Foscarini de Venecia y luego, ya en los inicios de su carrera durante tres años se formó en la Real Escuela de Viticultura y Enología de *Conegliano*. Allí comenzó a especializarse en el estudio de los hongos. A fines de 1879, ya trasladado a Buenos Aires, conoció al doctor Domingo Parodi, bajo cuya protección se hizo coleccionista, organizador de herbarios, preparador de pieles y esqueletos de animales. Describió más de 2900 nuevas especies de fanerógamas, pertenecientes a diversas familias de hongos y vegetales y en el año 1880 se incorpora al Gabinete de Historia Natural de la Facultad de Ciencias Físico-Naturales de la UBA, donde publica sus primeros trabajos en los Anales de nuestra Sociedad. Un año más tarde participa de la expedición ítalo-argentina a la Patagonia y Tierra del Fuego junto al Capitán Giacomo Bove donde recoge y cataloga 1108 especies, dadas a conocer en dos trabajos consecutivos. Esta expedición le da la posibilidad de ponerse en contacto con las culturas indígenas de Tierra del Fuego y aprender sus lenguas a partir de lo cual se basa para escribir un compendio de gramática alacaluf, lo que enriquece su cultura general -dado que era un gran políglota- dominando el latín y el griego. También hablaba todos los dialectos italianos; el francés, el alemán, el inglés, el castellano, el portugués, los idiomas de Malasia, el japonés,

las lenguas fueguinas, el guaraní, etc.
Fue socio honorario de la Sociedad Científica Argentina y de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales, académico honorario del Museo de La Plata, fundador de la Sociedad Ornitológica del Plata (hoy Asociación Ornitológica del Plata) y de la Revista Argentina de Botánica.
En 1885, ocupó la cátedra de higiene e historia natural, y luego la de química en el Colegio Provincial de La Plata. Dos años después formó parte del personal docente del Instituto Agronómico de Santa Catalina, que pasó más tarde a la Facultad de Agronomía y Veterinaria, encargándosele el curso de patología vegetal. Además se dedicó a la zoología, mineralogía, geología, micrografía y química. Fue designado director general de estudios en 1890, y vicedecano a principios de 1891. En 1898, al fundarse el Ministerio de Agricultura de la Nación, asumió la dirección de la sección Botánica y Fitopatología. También fue profesor de la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad de La Plata, donde enseñó química analítica; en la Facultad de Química y Farmacia dictó botánica médica hasta su jubilación en 1912.
Su producción científica se eleva a más de 200 trabajos. En 1907 se internó en la selva misionera. Se tuvo conocimiento de su regreso a los centros poblados, cuando una nueva expedición estaba a punto de emprender su rescate, considerándolo perdido en la selva. De esta expedición regresó con más de 6.000 ejemplares botánicos, 4.000 insectos reptiles y rocas.
Son de destacar -entre otros- sus trabajos aparecidos en la Sociedad Científica Argentina:
"*Fungi Guaranitici.* Pugillius I". 1884. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 17, Buenos Aires, pp. 42 - 48 y pp. 69 - 134.
"Las falóideas Argentinas". 1887a. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 24, Buenos Aires, pp. 59 - 68.
"Las trufas Argentinas (Tuberaceae Argentinae)". 1887b. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 24, Buenos Aires, pp. 120 - 127.
"Fungi Guaranitici". 1888. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 26, Buenos Aires, pp. 5 - 74.

Con respecto a la multiplicidad de sus obras editadas en Anales, Revistas y volúmenes especializados solamente mencionamos unas pocas:

"*Cactasearum platenses tentamen*";
"*Funghi argentini nova v. critici*", (obra en la cual describiera aproximadamente 882 especies de hongos argentinos);
"*Mycetes argentiinenses*". 1899 - 1912. Con el tratamiento de 1.546 entidades taxonómicas.
"Fungi Patagonici". 1887. Buenos Aires, Ed. Coni. Digitalizado en Internet con la contribución del New York Botanical Garden.
"*Plantae novae v. criticae Reipublicae Argentinae. [Decas III]*". 1897. Buenos Aires, Ed. La Plata, Solá, Sesé y Cia.
"*Fungi Fuegiani*". 1888; "*Fungi Argentini*", aparecida 10 años más tarde, etc.

Dejó en su testamento como donación al Museo de la Plata, una casa en la Calle 55, Nº 477, para ser destinada al Instituto de Botánica que hoy lleva su nombre, incluyendo su instrumental, colecciones y biblioteca. Falleció en la capital bonaerense el primero de julio del año 1926.

Stegman, Carlos. Ingeniero

De acuerdo a publicaciones realizadas por Valeria D'Agostino y Guillermo Banzato había nacido en el año 1844. Cuando por decreto del PEN se creó la Oficina de Ingenieros Nacionales, formó parte de su equipo inicial. El 5 de febrero de 1873 fue nombrado ingeniero de la comisión encargada de la reparación de puentes en la provincia de Buenos Aires. Entre otra multiplicidad de tareas que le fueron encomendadas aparecen en su currícula el haber sido vocal de la sección de ferrocarriles del Departamento de Ingenieros (1875 - 82) y vocal de la Dirección provincial de Administración de Desagües (1893 - 1894). También participó de la comisión de concursos para los edificios públicos de la ciudad de La Plata y de la de estudios para la radicación de la nueva capital bonaerense en el año 1881. Trabó amistad con el ingeniero Francisco Lavalle, quien lo propone como secretario de la Junta Directiva de la SCA, durante su presidencia. Fue director del Banco Provincia (1883 - 1884). Expiró en 1919.
En la SCA publicó:
"Ferrocarril Andino. Especificaciones de máquinas útiles". 1885. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 19, Buenos Aires, pp. 170 - 172.
"Ferrocarril Andino. Especificaciones de pizas de repuesto para wagones". 1885. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 19, Buenos Aires, pp. 172 - 174.

Viglione, Luis Ángel. Ingeniero

Luis Ángel Viglione presidió la SCA en los años 1885 y 1886. Nacido en la localidad de Tacuarembó en la República Oriental del Uruguay en 1852, se traslada posteriormente a nuestro país. En Buenos Aires estudió y se graduó en la Facultad de Matemáticas. A continuación se desempeñó como ingeniero y arquitecto, participando en la realización de los planos de los Bancos de la Provincia e Hipotecario de la ciudad de La Plata. Tuvo una destacada actuación como docente universitario y fue un apasionado por la cultura egipcia. Viajó al continente africano en 1889, donde adquirió una momia egipcia que donó para enriquecer las colecciones platenses. Como consecuencia de ese viaje son sus libros *Cartas de Nápoles, Alejandría y Cairo de Egipto*. También publicó:
"La escuela de aplicación para ingenieros, en Nápoles".1890. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 29, Buenos Aires, pp. 162 - 172. Falleció en Buenos Aires el 5 de septiembre de 1891.

White, Guillermo. Ingeniero

Nació en Dolores, provincia de Buenos Aires, en 1844. Fue uno de los primeros ingenieros argentinos graduados en la Universidad de Buenos Aires, por lo que pertenece al grupo de los así denominados "Doce apóstoles de la ingeniería argentina". El puerto bahiense y la localidad homónima llevan actualmente su nombre como un homenaje dispuesto por el general Julio A. Roca (1899).
Después de presidir el Cuerpo de Ingenieros de la Nación, White -hombre de principios inquebrantables y sólidas amistades- renunció (1886) en desacuerdo con el gobierno nacional por elegir el proyecto de Eduardo Madero para el puerto de Buenos Aires, desechando el de Luis Huergo. Fue por entonces que el Ferrocarril del Sud lo contrató como presidente de la comisión local bahiense. Hacía dos años que los rieles de la empresa habían llegado hasta el Puerto Comercial de Bahía Blanca, del cual era concesionaria. White realizó entonces una tarea pródiga en obras, destacándose la prolongación de la línea férrea desde dicha locali-

dad portuaria hasta Neuquén, obra que se inauguró en 1899 y que, en tiempos de un posible conflicto armado con la República de Chile, era vital para la defensa de la Nación. White trabajó hasta cumplir 73 años de vida y en 1917 se radicó en Mar del Plata. Fue el impulsor de la construcción de un nuevo edificio para la estación de trenes de Bahía Blanca, que comenzó a levantarse en 1909. Fue vicepresidente de la SCA, acompañando a Pedro Pico y tuvo la responsabilidad de comprar valiosos ejemplares en el exterior con destino a la biblioteca de la entidad (como atlas geográficos, diccionarios de historia natural y mas). También fue su presidente (1877-8) y, en este período, tuvo como secretario a Estanislao Zeballos.
Su deceso se produjo en Mar del Plata el 11 de febrero de 1926 y sus restos reposan actualmente en el cementerio de la Recoleta.

Zeballos, Estanislao S. Geógrafo, explorador, escritor

Presidente de la SCA (1886-7). Desde joven se destacaba por poseer una sólida formación académica tras haber cursado estudios en la Universidad de Buenos Aires en las Facultades de Derecho y en la de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
En mayo de 1874, bajo su dirección y conjuntamente con José María Ramos Mejía y Francisco Ramos Mejía, se publica el primer número de los *Anales Científicos Argentinos* (durante 5 meses y de manera consecutiva) en un intento de profundizar el estudio de las ciencias en nuestro país. Fue miembro de la comisión redactora de los *Anales de la Sociedad Científica Argentina* a partir de 1876 (conjuntamente con Pedro Pico, Pedro N. Arata, Juan Kyle y Guillermo Villanueva); desempeñándose simultáneamente como secretario de la Junta Directiva de la SCA. Más adelante da a luz: *La conquista de las 15 mil leguas* (1878), en dos volúmenes; y, a continuación, *Viaje al país de los Araucanos* (1881); *La región del trigo* (1883), *A través de las cabañas* (1888). Estas obras se intercalan con: *El avance de la frontera de los Andes* (1883), *Calfulcurá y la dinastía de los Piedras* (1884), *Painé y la dinastía de los Zorros* (1886) y *Relmú, reina de los pinares* (1888).
En 1879, con Valentín Virasoro, Emilio Rosetti, Martín Guerrico, Ramón Lista y Jules Crevaux (los dos últimos fueron exploradores de la frontera norte argentina y desaparecieron de manera trágica), funda el *Instituto Geográfico Argentino*. Zeballos fue su primer presidente e inició la publicación del Boletín (de prolongada existencia, prácticamente hasta la primera década del siglo XX), dirigido a hacer conocer la geografía del territorio patagónico, en ardua disputa con la República de Chile por aquel entonces. Allí publicaron renombrados viajeros, especializados en las ciencias naturales, antropología, geodesia, etc., que recorrían las tierras australes y septentrionales argentinas.
Sus obras superan el número de 400 (entre editadas e inéditas). Fue diputado por la provincia de Santa Fe y la Capital Federal, ministro de Relaciones Exteriores en tres oportunidades; académico Titular de la Facultad de Derecho, periodista del diario *La Prensa*, profesor de Geografía, presidente de la Sociedad Rural, viajero incansable y explorador de tierras patagónicas.

Entre las múltiples publicaciones aparecidas en nuestra Sociedad solamente citaremos:

"Una excursión orillando el río de la Matanza" (en col. con Walter F. Reid y Francisco P. Moreno). 1886. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 1, Entrega II, Buenos Aires, pp. 89 - 94.
"Visita a la fundición Nacional de Tipos". 1886. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 1, Nº III y IV, Buenos Aires, pp. 142 y 205.

"La descripción física de la República Argentina por Burmeister" (Informe). 1876. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 2, Buenos Aires, pp. 103.
"Informe sobre el túmulo prehistórico de Campana" (en col. con Pedro Pico). 1878. En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, t. 6, Buenos Aires, pp. 244 - 253.
"Memoria presentada a la Sociedad Científica Argentina sobre el *cólera morbus* en la boca del Riachuelo". 1890. En: *Anales* de la Sociedad Científica Argentina, t. 29 - 30, Buenos Aires, pp. 210.

Candidato a premio Nobel en el año 1920 falleció en la ciudad de Liverpool en 1923; hoy sus restos reposan en el cementerio de la Recoleta.

BIBLIOGRAFÍA

Abad de Santillán, Diego de. 1956 - 1966. "La Gran Enciclopedia Argentina". Ed. Ediar SA, 9 Vol., Buenos Aires.
Abad de Santillán, Diego de. 1964. "La Gran Enciclopedia Argentina. Apéndice". Ed. Ediar SA., Buenos Aires.
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. En INTERNET Institucional / Historia, Buenos Aires. En: www.ancefn.org.ar/institucional/gallardo.html [Consultado] 2018, febrero15
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. En INTERNET Institucional / Historia, Buenos Aires. En: www.ancefn.org.ar/institucional/aguirre. HTML [Consultado] 2018, abril 21
Asúa, Miguel de et al. 2010. "Una gloria silenciosa: Dos siglos de ciencia en Argentina". Ed. Libros del Zorzal: Fundación Carolina, Buenos Aires, pp. 294.
Babini, José. 1986. "Historia de la Ciencia en la Argentina". Ed. Solar, Buenos Aires, pp. 273.
Biografías y Vidas. 2018 - 2017. "La Enciclopedia Biográfica en Línea" (Buscador en Internet), Buenos Aires. En: https://www.biografiasyvidas.com/ [Consultados] 2017, mayo 15; 2017, octubre 05; 2018, junio21
Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. En: www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851 Journal Info. Lund: Lund University Libraries, 2007- . URL http://jinfo.lub.lu.se/ [Consultado] 2018, marzo31
Boletín del Centro Naval. 1884 - 1901. (Tomo I a Tomo XVIII), Buenos Aires.
Bovi, María Teresa. "El Ferrocarril de La Quebrada. Estado, elites provinciales y los discursos sobre la modernidad en la construcción del Ferrocarril a Bolivia, 1880-1910". En: https://www.aacademica.org/000-108/967 [Consultado] 2018, febrero 22
Canclini, Arnoldo. 2006. "Así nació Ushuaia: orígenes de la ciudad más austral del mundo". Ed. Dunken, Buenos Aires, pp. 120.
Centro Argentino de Ingenieros. "La Ingeniería". Órgano oficial de la Publicación Mensual, Buenos Aires. (Primer número: agosto de 1897).
Cornejo, Roberto Jorge et al. 2016. "Los primeros pasos de la ciencia y la tecnología en la Argentina: "Los Anales de la Sociedad Científica Argentina". Anales de la Sociedad Científica Argentina, Vol. 256 - Nº 2, Buenos Aires, pp. 5 - 16.
Cútolo, Vicente O. 1968 - 1985. "Nuevo Diccionario Biográfico Argentino (1750-1930)". Ed. Elche, 7 Vol., Buenos Aires.
D'Agostino, V.; Banzato, G. (2015). Funcionarios bonaerenses y gestión sobre el territorio: El Departamento de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires 1875-1913. IX Jornadas Inter-

disciplinarias de Estudios Agrarios Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos, 3 al 6 de noviembre de 2015, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. EN: Actas. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.4860/ev.4860.pdf [Consultado] 2018, enero 15

Embajada de Alemania en la Argentina: http://ealem.mrecic.gov.ar/es/content/burmeister-y-sus-cient%C3%ADficos-alemanes [Consultado] 2018, agosto 07

Herrera Vegas, D. J. y Jáuregui Rueda, Carlos. 2006. "Familias Argentinas". Ediciones Callao 1823, Vol. 2, Buenos Aires.

https://es.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Schickendantz [Consultado] 2018, agosto 07

López, Mario Justo (h) y Jorge E. Waddell. (2007). "Nueva Historia de los Ferrocarriles Argentinos". Ed. Lumière, Buenos Aires.

López, Carlos E. 2008. "El observatorio astronómico Félix Aguilar: más de cincuenta años de astronomía en la tierra de Sarmiento" (Conf.) Anales de la Academia Nacional de Geografía, Tomo 29, Buenos Aires, pp. 89 - 129.

Los diccionarios y las enciclopedias sobre el Académico. 2018. (Buscador en INTERNET), Buenos Aires. En: www.esacademic.com [Consultado] 2018, julio 11

Nicolau, Juan Carlos. 2002. "Historia de la Sociedad Científica Argentina en el siglo XIX (1872 - 1900)". Anales de la Sociedad Científica Argentina, Vol. 231 - Nº 1, Buenos Aires, pp. 5 - 73.

Palermo, Silvana A. 2006. "Elites políticas y estado liberal: la creación de una administración moderna en los Ferrocarriles del Estado (1870 - 1910)". Estudios Sociales, año XVI, nro. 30, primer semestre, pp. 9 - 42.

Piccirilli, Ricardo, Francisco Romay y Leoncio Gianello. (1953/1954). "Diccionario Histórico Argentino". Ed. Históricas Argentinas, 6 Vol., Buenos Aires.

Portal www.revisionistas.com.ar [Consultado] 2018, mayo 31

Portal en INTERNET, Buenos Aires. En: www.revisionistas.com.ar [Consultado] 2018, mayo 31

Pous Peña, Eduardo. 1969. "Los Orígenes de la Sociedad Científica Argentina y la Patagonia" (Conf.) Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, Tomo XXIII N° 4, pp. 113 - 144, Buenos Aires.

Ragucci, Olga Noemí Bordi de. 1997. "El agua privada en Buenos Aires 1856 - 1892: negocio y fracaso". Ed. Vinciguerra, series el libro argentino, Buenos Aires, pp. 347.

Rapoport, Mario. [Et al]. 2000. Historia económica, política y social de la Argentina (1880-2000). Ed. Macchi, Buenos Aires, pp. 1148, gráficos, cuadros.

Sánchez, Norma I. 2013. "La Sociedad Científica Argentina. 140 años de historia. (Salvaguarda de cinco valiosos Congresos)". En: Médicos & Medicinas en la Historia. Vol. X - Nº 32. Buenos Aires, pp. 5 - 17.

También disponible en: http://www.elguionediciones.com.ar/revistas.html [Consultado] 2018, abril 22

Sánchez, Norma I. 2017 a. "Reseña histórica - Centenario del fallecimiento de Juan B, Ambrosetti". En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, Vol. 258 - Nº 2, Buenos Aires, pp. 27 - 29.

Sánchez, Norma I. 2017 b. "La SCA y el Bicentenario de la independencia Argentina".En: Anales de la Sociedad Científica Argentina, Vol. 258 - Nº 2, Buenos Aires, pp. 31 - 41.

Sociedad Científica Argentina. 2017 y 2018. "Boletines Electrónicos", Buenos Aires.

Sociedad Científica Argentina. Newsletter de los meses de abril, mayo y junio, Buenos Aires. Disponible en: cientifica.org.ar/institucional/, [Consultado] 2018, junio 15.

Sociedad Científica Argentina. 1876 - 1900. Anales, Versión Digital, Buenos Aires. En: http://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/44792#/summary (Contributor: Harvard University, Museum of Comparative Zoology, Ernst Mayr Library Sponsor: Harvard University, Museum of Comparative Zoology, Ernst Mayr Library).

Sociedad Geológica Argentina. En INTERNET. Alonso, Ricardo N.: "Ludwig Brackebusch", Buenos Aires. En: www.geologica.org.ar/archivos_usuarios/Ludwig-Brackebusch2.pdf [Consultado] 2018, julio 16

VALOR DE LA MICOLOGÍA COMO COMPLEMENTO DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS, BIOQUÍMICOS Y PALINOLÓGICOS EN LAS INVESTIGACIONES FORENSES Y PALEOECOLÓGICAS

Alicia Beatriz Pomilio[a], Stella Maris Battista[b], Angel Alonso[c] y Arturo Alberto Vitale[a]

[a] Laboratorio de Química y Bioquímica Estructural, CONICET, Departamento de Bioquímica Clínica, Hospital de Clínicas "José de San Martín", Universidad de Buenos Aires, Av. Córdoba 2351, C1120AAF Buenos Aires, Argentina. Tel: (+54) (11) 4814 3952. abpomilio@sinectis.com.ar; pomilio@ffyb.uba.ar

[b] Microbiología I, Cátedra 2 (Inmunología), Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires.

[c] División Alergia e Inmunología, Hospital de Clínicas "José de San Martín", Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

Este trabajo trata sobre la importancia del análisis de los palinomorfos en la ciencia forense, en la paleoecología y la bioarqueología, como complemento de los estudios químicos, bioquímicos y geológicos. Los palinomorfos incluyen granos de polen, esporas vegetales y fúngicas, denominando palinología a su estudio. Se discute la metodología utilizada y la interpretación de los resultados en su valor como evidencias. Se dan ejemplos de casos referidos a: 1) Hongos del suelo como herramienta forense para ubicar tumbas clandestinas. 2) Análisis de microfósiles fúngicos en aplicaciones paleoecológicas. 3) Esporas del hongo *Caryospora callicarpa* en el Reino Unido a modo de marcador de evidencias. 4) Valor del estudio químico y micológico en casos de intoxicación letal por consumo casual o intencional de hongos superiores tóxicos. 5) Intoxicaciones y muerte por consumo de "hongos mágicos" y de bebida con efecto alucinogénico.

Palabras clave: Palinomorfos * Aplicaciones forenses * Paleoecología * Bioarqueología *consumo de hongos superiores tóxicos * "hongos mágicos" * bebida alucinogénica.

ABSTRACT

This work deals with the importance of the analysis of palynomorphs in forensic science,

paleoecology, and bioarchaeology as a complement to chemical, biochemical, and geological studies. The palynomorphs include pollen grains, plant and fungal spores, the study being called palynology. The methodology used, and the interpretation of the results in their value as evidences are discussed. Examples of cases are shown, referring to: (1) Soil fungi as a forensic tool to locate clandestine graves. (2) Analysis of fungal microfossils in paleoecological applications. (3) Spores of the fungus *Caryospora callicarpa* in the United Kingdom as evidence marker. (4) Value of the chemical and mycological studies in cases of lethal poisoning due to accidental or intentional consumption of higher toxic mushrooms. (5) Poisoning and death by consumption of "magic mushrooms", and hallucinogenic beverage.

Key words: Palynomorphs * Forensic applications * Paleoecology * Bioarchaeology * consumption of toxic higher mushrooms * "magic mushrooms" * hallucinogenic beverage.

Los estudios químicos y bioquímicos son clásicos en los análisis forenses, a los que se suma la determinación de ADN. Sin embargo, hace varios años que se van agregando estudios netamente biológicos, que trataremos en este trabajo.

Es bien conocido que la presencia de insectos en sus diferentes etapas de desarrollo ha permitido aclarar aspectos controvertidos en investigaciones criminalísticas (entomología forense) y en estudios paleoecológicos y bioarqueológicos (entomología aplicada) (1).

El agregado del análisis de polen (palinología) a esas investigaciones ha brindado una herramienta de valor para esclarecer aspectos dudosos y respaldar el conocimiento obtenido sobre el lugar de los hechos. Se ha utilizado en investigaciones científicas, de entornos antiguos [como en paleoecología y bioarqueología (2)] y contemporáneos [como en investigaciones forenses (3)]. La palinología ha sido establecida por más de 100 años con convenciones internacionales aceptadas y métodos analíticos (3-5).

Desde hace unos diez años se ha sumado como rutina el análisis de esporas de plantas y de hongos de las mismas muestras palinológicas, como contribución al mayor conocimiento de lo ocurrido, de relevancia respaldatoria de los análisis químicos, bioquímicos, geológicos y palinológicos. De esta manera ha aumentado la especificidad en la vinculación entre personas, objetos y lugares, de importancia para las evidencias forenses y paleoecológicas.

El polen es producido sólo por las Gimnospermas y las Angiospermas para la fertilización y la producción de semillas. Todos los demás grupos de plantas terrestres (Pteridofitas y Briófitas y sus aliadas) producen esporas, y su dispersión se limita al entorno inmediato.

Las esporas fúngicas pueden representar evidencias primarias, secundarias o terciarias de una ubicación, y pueden indicar la presencia de una planta, aunque ésta no sea obvia en la escena del crimen. Lo que ocurre es que las esporas se pueden dispersar a distancias muy cortas del esporóforo fúngico y su presencia en un ambiente de análisis puede indicar que hay determinadas plantas en el mismo, vivas o muertas. Es decir que, la mayoría de las especies de hongos ocupan entornos ecológicos restringidos y su distribución puede estar limitada espacial- y geográficamente.

Cuánto más raras sean las esporas de hongos, más útiles resultarán para proporcionar evidencias de contacto.

Debe tenerse en cuenta que en lugar de planta entera y restos de hongos, tiene valor analizar los ***perfiles de los palinomorfos***, también llamados ***perfiles palinológicos***. Dado que se denomina palinomorfo a cualquier entidad microscópica (como el polen y las esporas) dispersa

en un ambiente fuera de su origen, la palinología es considerada actualmente el estudio de los palinomorfos (5).

Además de la industria petrolera, la paleoecología y la bioarqueología son las disciplinas donde más se usa la palinología.

Aplicaciones forenses

La ciencia forense corresponde al conocimiento científico aplicado a problemas legales; para ser denominada "forense", cualquier información científica debe estar preparada para ser presentada ante un tribunal de justicia. Se han utilizado durante años análisis químicos y bioquímicos para estudiar las diferentes muestras. Las técnicas se fueron modernizando a través de los años, requiriendo cada vez menor cantidad de muestra y alcanzando mejor resolución. A los estudios químicos y bioquímicos en el campo forense, se agregó el análisis de ADN.

El ADN proporciona evidencia poderosa de contacto, pero a medida que la sensibilidad de las técnicas aumenta, van surgiendo serios problemas de interpretación (6). Especialmente cuando hay perfiles parciales y bajo número de copias de ADN (7,8).

Generalmente, la evidencia palinológica no se incluye al comienzo de un caso, sino cuando el ADN, las huellas dactilares y otras pruebas físicas son malas, no concluyentes, inexistentes o inadmisibles como evidencias.

El análisis de polen y esporas ha sido aplicado a los estudios forenses de una manera significativa durante aproximadamente más de 30 años, y ha alcanzado su más variado y más alto nivel de desarrollo y utilidad en el Reino Unido en los últimos 25 años (5, 9). GNS Science en Nueva Zelanda y Texas A&M University (Departamento de Antropología), se consideran los otros centros que tienen un relevante registro publicado en palinología forense (10). Ambos se especializan en drogas médicas recreativas y falsificadas de procedencia ilícita, y en falsificaciones de la miel. En el Reino Unido, la palinología se ha utilizado en los casos de asesinato, violación, personas desaparecidas, robo con agravantes, robo y fraude en seguros.

La palinología es también la base de la aerobiología (alergenos), melisopalinología (miel), prospección de petróleo, paleobotánica (plantas antiguas y su evolución), taxonomía vegetal y cambio climático (5).

En Argentina se han realizado y se realizan aportes significativos a cada una de estas especialidades, dado que existe una muy buena formación universitaria y en investigación, así como experiencia en micología, palinología, sistemática, ecología y evolución como ramas de la biología.

Palinología forense

El palinólogo forense debe estar preparado para recuperar palinomorfos de cualquier material u objeto orgánico o inorgánico en escenas del crimen, en personas sospechosas, en cadáveres de animales y en restos humanos. El rango de taxones a ser identificados es también mucho más amplio que en un trabajo palinológico común. Es esencial incluir taxones nativos y extranjeros en las colecciones de referencia.

Hasta hace aproximadamente diez años, la micología forense había sido empleada principalmente para: a) proporcionar información sobre el crecimiento y la propagación de hongos en edificios en casos de litigios civiles; b) identificación de especies neurotrópicas o tóxicas letales en investigaciones criminales o en casos de muerte accidental.

A lo cual se fueron agregando a través de los años otras aplicaciones, como: c) Presencia de colonias de hongos en restos humanos que brindan evidencia probatoria en la estimación

del intervalo post mortem (11). d) Vinculación de personas, objetos y lugares (evidencias de rastros). e) Ubicación de restos humanos clandestinos y tumbas. f) Diferenciación de un sitio de exterminio del lugar donde un cadáver ha sido depositado. g) Información sobre la posible causa de muerte. h) Información de eventos peri-mortem. i) Demostrar falsas violaciones y resaltar otras afirmaciones erróneas. j) Ubicación de dinero enterrado, conjuntamente con el estudio de los ácaros del suelo como evidencia de rastros (12). k) Eliminación de ciertas ubicaciones como relevantes. l) Eliminación de sospechosos. m) Presencia de micotoxinas en guerra biológica (13, 14). n) Intoxicación letal debido a ingestión de plantas y hongos. o) Implicancia de sustancias neurotrópicas (planta y hongos).

Actualmente, la botánica y la micología han sido reconocidas como disciplinas críticamente importantes en ecología forense y son aceptadas como admisibles por el poder judicial británico y van siendo aceptadas en otros países. La colaboración entre el micólogo y el ecólogo/palinólogo forense, ha demostrado ser sinérgica y poderosa (13-16).

Muchas veces los datos palinológicos conjuntos han brindado la única evidencia forense disponible y han sido la clave para asegurar condenas, confesiones o veredictos de no culpabilidad.

Metodología utilizada

Los indicadores indirectos como los granos de polen y las esporas vegetales y/o fúngicas suelen estar embebidos o incrustados en varias matrices, como: suelo y sedimentos orgánicos e inorgánicos (turba, barro, arcillas) y otros materiales paliníferos (que tienen palinomorfos recubriendo la superficie, o embebidos en la muestra) (hojarasca, humus, alimentos, contenido intestinal). También pueden estar incrustados en tejidos naturales y sintéticos, y pueden formar films, o estar incluidos en diversas superficies (calzado, varias partes de vehículos, piel, cabellos, muebles, armas, equipaje, papel y vegetación). Los palinomorfos están ampliamente distribuidos y son rutinariamente recuperados de muchos tipos diferentes de materiales y objetos (17).

La recuperación de los palinomorfos de suelos o sedimentos forenses utiliza los mismos procedimientos que en paleoecología y arqueología, pero cuando necesitan ser recuperados de superficies o telas, primero deben extraerse de esos elementos y luego deben ser sometidos a tratamientos químicos estandarizados. El objetivo es obtener los palinomorfos de manera que su estructura gruesa y fina se pueda observar por microscopía óptica (con o sin contraste de fase), al eliminar la máxima cantidad posible de material de fondo de la muestra.

Los palinomorfos se lavan de la muestra; los lavados son luego tamizados y centrifugados para obtener una pastilla o pellet de material palinífero (3).

En muestras paleoecológicas a veces es posible obtener preparaciones muy "limpias", con una visión clara de los diversos granos de polen y de esporas, pero en muestras arqueológicas o forenses, el material de fondo no se puede remover por completo, por lo que persisten fragmentos carbonizados y otros materiales, lo cual dificulta la identificación y cuantificación de los palinomorfos. Los detalles de los métodos de preparación más apropiados para estudios paleoecológicos, arqueológicos y forenses se han descripto anteriormente (3, 18-21).

El material de fondo que tiene que ser removido para obtener los palinomorfos son: ácidos húmicos, celulosa, lignina y sílice, y ésto se logra sometiendo a la muestra a una serie de digestiones. La muestra se hierve primero con hidróxido de sodio o potasio para eliminar los ácidos húmicos, se tamiza a través de una malla (aberturas de 120 µm de diámetro) para recuperar cualquier resto macro. Luego se centrifuga para formar el pellet al que se aplican tratamientos secuenciales por ebullición en: ácido acético glacial, ácido clorhídrico, mezcla de acetólisis (ácido sulfúrico concentrado y anhídrido acético) y ácido fluorhídrico. Entre cada

tratamiento, la muestra se lava y se centrifuga y finalmente se neutraliza y se tiñe. Luego se embebe en un montante para hacer una preparación permanente.

El polen y muchos palinomorfos fúngicos y vegetales son capaces de soportar el estricto tratamiento de preparación debido a los polímeros estables presentes en sus paredes celulares, como **esporopolenina** (Fig. 1) en el caso de palinomorfos vegetales y **quitina** (Fig. 2) en los fúngicos. Se conocen relativamente pocos microorganismos que posean enzimas capaces de hidrolizar estos polímeros complejos, por lo que, tanto el polen, como las esporas vegetales y fúngicas de ambientes hostiles (con temperatura extrema, bajo potencial acuoso y/o baja tensión de oxígeno), pueden persistir en las rocas y en ciertos sedimentos durante millones de años y, en los suelos, durante décadas (22, 23).

La **esporopolenina** es un politerpeno impermeable, resistente a los agentes químicos, que se encuentra en la pared de las esporas y la exina del grano de polen. Es el componente mayoritario. La capa exterior de exina presenta generalmente intrincados patrones de diseño, lo que permite usar el material recuperado de sedimentos recientes o antiguos para su estudio palinológico sobre las poblaciones de plantas y hongos en el pasado.

La esporopolenina resultó ser un copolímero de β-caroteno y xantofilas, tales como anteraxantina y ácidos grasos (Fig. 1) (24-26). Los análisis químicos y la espectroscopía de ^{13}C NMR de esporopolenina demostraron que se trata de una mezcla de biopolímeros, que contienen cadenas largas de ácidos grasos, fenilpropanoides, fenoles y trazas de carotenoides. Experimentos con marcadores han revelado que fenilalanina es su principal precursor, pero también deriva de otras fuentes como ácidos grasos de cadena larga y anillos aromáticos oxigenados. Se han hecho estudios recientes de esporolenina en las paredes celulares de microalgas (27).

Los análisis por microscopía electrónica revelan que las células superficiales que rodean el grano de polen en formación en las anteras tienen un sistema secretor muy activo que contiene vesículas lipofílicas con los precursores de esporopolenina. Algunos inhibidores químicos del desarrollo de los granos de polen, así como mutágenos que afectan a la esterilidad del polen tienen efectos probados sobre la secreción de estas vesículas en las células (25).

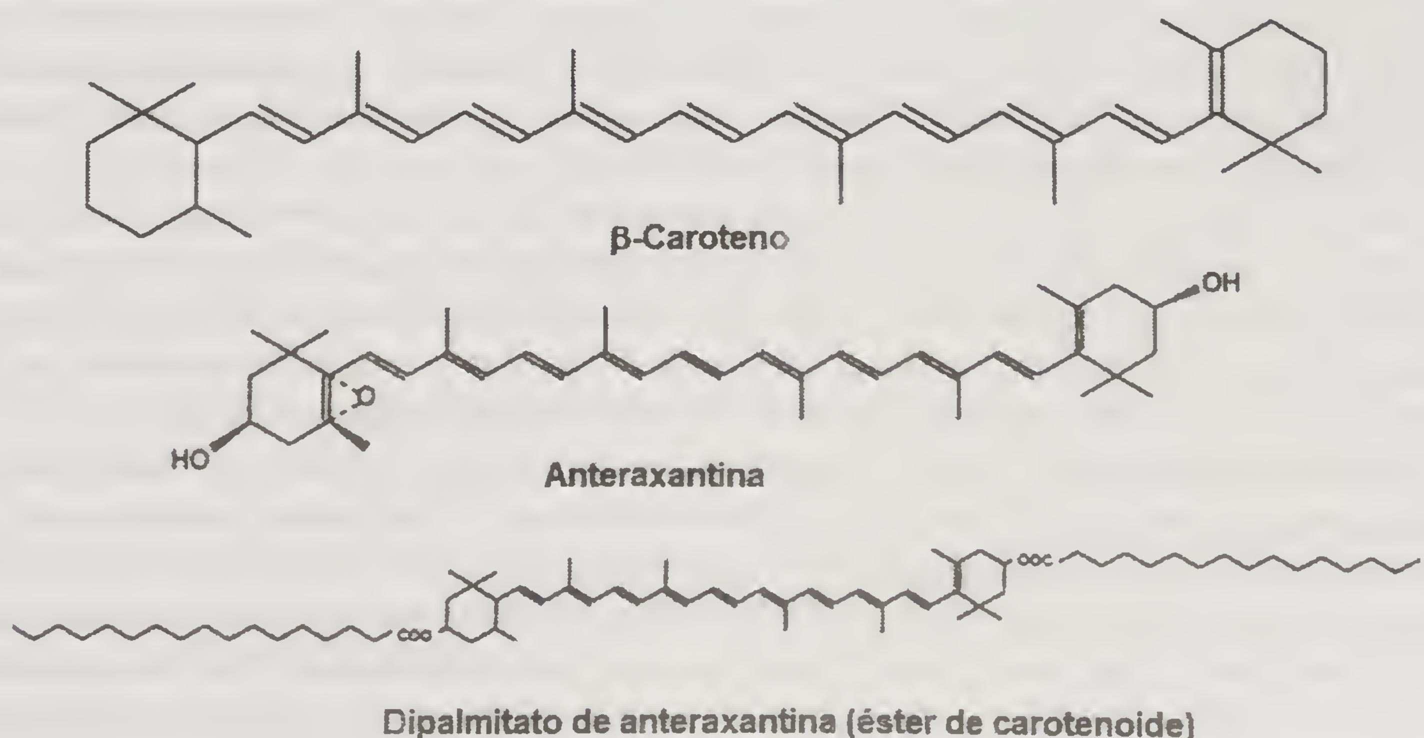


Figura 1: Unidades estructurales de esporolenina.

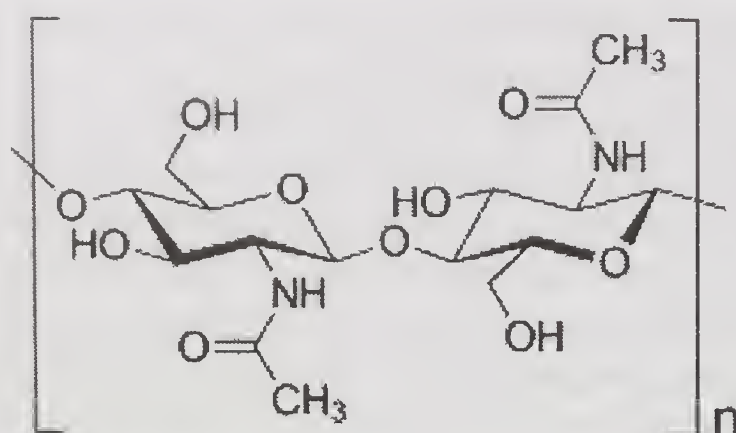


Figura 2: Estructura de la molécula de quitina, que muestra dos de las unidades de *N*-acetilglucosamina que se repiten para formar cadenas largas con el enlace $\beta(1\rightarrow4)$.

Las preparaciones palinológicas rara vez se procesan para restos fúngicos solos, y esto puede causar problemas cuando las esporas tienen paredes delgadas o apéndices delicados, que pueden perderse durante el procesamiento debido a la pequeña cantidad de esporopolenina en la pared celular.

El análisis de las esporas presentes en investigaciones criminales implica la exploración sistemática de las diapositivas preparadas en el microscopio y la identificación de todos los palinomorfos encontrados en travesías equidistantemente espaciadas. Se requieren ampliaciones de x400-x1000 y generalmente es adecuado el uso de la microscopía con contraste de fase.

En muchos casos es necesario ver la estructura interior de la pared del grano de polen para la identificación; generalmente se tienen que identificar y contar miles de palinomorfos para obtener un perfil representativo del contenido de la muestra. La diversidad en tamaño, forma, estructura y escultura de la pared, ayuda a la identificación del polen y de las esporas vegetales/fúngicas (14).

La extracción de muestras de suelo a distintas profundidades para analizar los diferentes estratos, requiere diversos tipos de equipos de extracción, según la naturaleza del sedimento. Comienza en la superficie del sedimento, en hábitats tanto terrestres como acuáticos, y continúa presentando secuencias de secciones superpuestas, generalmente de 50 cm de longitud. A medida que la profundidad aumenta, se agregan varillas al "descorazonador" (5). La profundidad de la muestra depende del sitio de acumulación y, en arqueología, un núcleo puede ser inferior a 0,2 metros en profundidad, mientras que en un fango, más de 10 metros de sedimentos pueden ser recuperados.

Turba, lodos de lagos, hielo o sedimentos inorgánicos, reciben polen y esporas del aire o coluviados (sedimentos arrastrados por una pendiente) de organismos (vivos y muertos) dentro de la zona de muestreo. A medida que el sedimento se acumula, la información sobre comunidades biológicas más antiguas se sepulta progresivamente, mientras que un registro de reciente cambio de vegetación se encuentra en los estratos menos profundos.

Además del material vegetal y fúngico, los palinomorfos incluyen: esporas fósiles pre-Holoceno, huevos, quistes, pelos de plantas, diatomeas, foraminíferos, amebas con teca, dinoflagelados, acritarcos, fragmentos de animales quitinosos y granos de almidón (3). Cuanto mayor sea el número de indicadores indirectos incluidos en un análisis, más precisa será la reconstrucción de cualquier comunidad ecológica. La reconstrucción de comunidades ecológicas del pasado ha permitido prever el clima, la hidrología y la naturaleza de los suelos en lugares específicos. La palinología ha sido uno de los medios más importantes por lo que se han estudiado ecosistemas cambiantes, el cambio climático y el efecto del impacto natural y humano en el medio ambiente.

En la mayoría de los casos, los depósitos paliníferos se obtienen por extracción (*coring*) o monolitos y luego se hace el muestreo sistemáticamente y secuencialmente en el laboratorio; los palinomorfos presentes en cualquier nivel luego son identificados y contados.

Las tasas de sedimentación pueden ser variables, y es esencial obtener estimaciones cronológicas (por ejemplo: vía carbono radioactivo, tefra (o sea, ceniza volcánica) o piroclastos, o incluso artefactos) de los depósitos a lo largo de los núcleos (*cores*) para que la profundidad del sedimento se pueda equiparar con el tiempo. Los cambios en el perfil de polen y esporas pueden entonces estar relacionados con eventos prehistóricos o históricos.

En las mediciones de carbono radioactivo se usan métodos Bayesianos estándar para obtener curvas de tiempo/profundidad corregidas; los rangos de probabilidad para las estimaciones de carbono radioactivo son luego trazados en diagramas (28).

Se han realizado estudios para evaluar la validez de ciertos taxones de hongos como indicadores del estiércol de herbívoros grandes en perfiles palinológicos y 33 tipos han sido recomendados como confiables (29). Pero estos autores no han caracterizado a los hongos a nivel de especie, y esto es crucial ya que la preferencia precisa de sustrato opera a nivel específico en lugar de genérico. Por ejemplo, estudiando la colonización nórdica en diferentes zonas, se vio en una zona que representaba las fases intermedias y posteriores de la colonización escandinava, que las esporas fúngicas cayeron a un nivel muy bajo, un efecto visto en otros sitios nórdicos. Se sugirió que hubo una gran presión sobre la agricultura de subsistencia de los nórdicos en un momento en que el clima se deterioró y el empobrecimiento progresivo del suelo inhibió el mantenimiento de la cría de animales a niveles previos (30).

La disminución drástica en la densidad de población de animales se refleja en una marcada reducción del estiércol, que es el sustrato apropiado para las esporas de tipo *Sporormiella* y *Sordaria*. Los estudios de isótopos estables han indicado que hubo una mayor dependencia de alimentos marinos durante este período. También hay evidencia de deterioro climático, degradación y erosión del suelo, probablemente por sobrepastoreo (31).

A los palinomorfos no identificados se les asigna "números de tipo" y estos se citan como identificadores para fines de comunicación; estos números se conservan incluso cuando la espora ha sido identificada. Las identificaciones erróneas son posibles y las correcciones tienen que ser publicadas (9).

Evidencias de rastros

El Principio de Intercambio de Locard es un concepto atribuido al pionero francés en la Ciencia Forense, Edmond Locard (1877-1966), quien sugirió que cada vez que una persona tiene contacto con otra, o bien con un lugar o un objeto, hay un intercambio de materiales físicos. Suele, por ello decirse que "cada contacto deja un rastro" (5). Es indiscutible que la evidencia de contacto en base a trazas ha sido la fuente principal de evidencias incriminatorias en numerosos casos.

Los palinomorfos vegetales y fúngicos se transfieren fácilmente a textiles (particularmente tejidos, sintéticos), cualquier artículo de ropa y calzado, herramientas de excavación, vehículos, cabello, pieles, plástico, papel e incluso superficies duras. La transferencia puede ser primaria, secundaria o incluso terciaria y, con cada transferencia, el perfil original se reduce en el número de taxones y granos de polen y esporas individuales; pero a causa de su capacidad de adherirse fuertemente a la mayoría de los materiales, los palinomorfos son particularmente valiosos cuando las investigaciones han estado en curso durante muchos años (casos fríos). Muchas clases de evidencias, tales como fibras y partículas minerales, son perdidas fácil y rápidamente, pero ha habido ejemplos de polen y esporas que se recuperan después de más de 20 años de almacenamiento. Incluso el lavado a máquina no elimina todo

el polen y las esporas de las telas y el lavado a mano doméstico normal es muy ineficiente (5).

Si un sospechoso niega haber visitado un lugar, su declaración puede ser probada al comparar los perfiles de evidencias de rastros en las pertenencias personales (ropa, calzado, vehículos, etc.) con los de muestras del suelo y vegetación (u otro material pertinente) de esa ubicación, y cualquier otro lugar que el sospechoso haya visitado. Se debe hacer el listado de las especies de todas las plantas vivas y muertas observadas (y restos de plantas, si es posible) para poder anticipar que sea factible encontrar su polen y esporas en un artículo. Una planta puede pasarse por alto en un examen de la vegetación, y su polen puede no ser recogido en muestras recolectadas en el lugar. En ausencia de un registro de la planta en el lugar, los palinomorfos de esa planta no serían útiles como rastros de evidencia si se encuentran en un sospechoso. Sin embargo, si las esporas de un hongo, sólo asociado con un rango limitado de huéspedes, uno de los cuales es la planta en cuestión, el hongo actúa como un indicador indirecto secundario. Es decir, la presencia de una especie de plantas puede ser inferida por la presencia del hongo que depende de ella.

En los perfiles palinológicos forenses, a menudo se representan más de 100 taxones, y tanto los indicadores indirectos primarios como los secundarios pueden contribuir a la imagen general.

Las muestras de suelo, sedimentos, vegetación y otros materiales obtenidos de estos sitios, se denominan muestras de «comparación», en lugar de ‹controles›. A diferencia de los controles, son deliberadamente seleccionadas para comparación, y no se pueden recolectar al azar, o en transectos prohibidos, como sería necesario para un experimento para investigar una o más variables. Se deben obtener suficientes muestras de comparación para tener una «imagen o foto del lugar». El polen y las esporas se distribuyen en forma heterogénea en el suelo y otras superficies, por eso se deben tomar muestras suficientes por la correspondiente variación inter-muestras.

Las muestras palinológicas también deben obtenerse de la ropa, calzado, cabello de la víctima y cualquier artículo que llevara en el momento de la ofensa; se deberían obtener muestras corporales internas en casos de violación. Se deben obtener comparadores de cualquier superficie o material que probablemente el delincuente haya contactado y, si corresponde, la víctima. Los perfiles del sospechoso se pueden entonces comparar con los de la víctima y con las muestras del comparador.

Interpretación

La criminalística inglesa ha sido pionera en la inclusión de estudios micológicos en la investigación forense. Recientemente se han dado diez ejemplos de casos en los cuales hongos raramente informados o inusuales han demostrado ser importantes en las investigaciones criminales (9). La presencia de polen y esporas palinológicamente raros puede también agregar valor a la probabilidad de contacto (9).También ha sido relevante en la bioarqueología (5) ya que los sedimentos de lagos y ciénagas, los suelos y los depósitos que se acumulan contienen invariablemente restos de plantas y hongos, en particular polen y esporas. Estos sirven como indicadores indirectos de las antiguas condiciones y eventos ambientales.

En una compilación anterior y quizás la primera en su género (13), se discutieron las aplicaciones de la micología forense, junto con 13 ejemplos de casos. De estos datos resaltan el rol preponderante del valor de la micobiota, con particular atención en su valor probatorio, y su idoneidad para la presentación en un tribunal de justicia.

La tafonomía es la suma total de factores que determinan si un objeto se encontrará en un determinado lugar, en un momento particular. La tafonomía palinológica (el objeto es

un grano de polen) es muy compleja y la comprensión de los parámetros tafonómicos que rodean a cualquier perfil de polen/esporas es uno de los mayores desafíos en interpretación de datos palinológicos forenses (32).

Para fines interpretativos, el palinólogo forense necesita saber: 1) la identidad de las plantas y hongos que han producido el polen y las esporas; 2) la manera en que las esporas y el polen se dispersan desde la planta u hongo parental; 3) la productividad relativa de polen/ esporas de cualquier taxón; 4) la distribución geográfica y ecológica de los organismos que producen las esporas y el polen; 5) la fenología de los organismos involucrados; y 6) las características de los lugares pertinentes a la consulta (hidrología, geología, tipo de suelo, taxones de plantas que crecen *in situ*, y la presencia de barreras a la dispersión (por ejemplo, edificios, muros, vallas, setos (*hedges*) y otras obstrucciones).

El polen, las esporas de plantas y esporas de hongos se producen de diferentes maneras, y son de masa, tamaño y estructura variable, y estos caracteres afectan los patrones de dispersión.

Algunos hongos, considerados especies 'malas hierbas', como ciertas especies de *Aspergillus* y *Penicillium*, producen grandes cantidades de esporas secas fácilmente dispersadas. Otros podrían tener mala dispersión, viajando no más de unos pocos milímetros. Muchos taxones son exudados en el limo y no viajan lejos a menos que sean transportados por vectores como los insectos. Incluso en el caso de los basidiomas agaricoides, la mayoría de las esporas pueden caer dentro de 1 metro de los esporóforos (33). Sin embargo, si el hongo crece por encima del suelo como, por ejemplo, en las hojas de los árboles (por ejemplo: *Alternaria* y *Cladosporium*); sus esporas pueden ingresar a la airespora (polen y esporas transportadas por y suspendidas en el aire), incluso si son liberadas pasivamente. Es interesante que, sólo una proporción relativamente pequeña de especies fúngicas están representadas en las trampas de esporas de los aerobiólogos (5, 34).

La dispersión del polen se logra principalmente por el viento, los insectos o los mamíferos y los pájaros como vectores. Donde el viento es el vector principal, la planta invariablemente produce grandes cantidades de polen que encuentra a la hembra por casualidad. Donde los animales son los vectores, generalmente se producen pequeñas cantidades de polen y, los desechos se minimizan mediante polinización selectiva (dirigida). Después de la liberación, el polen y las esporas viajan varias distancias lejos de la fuente, dependiendo de los mecanismos de liberación y dispersión del taxón concerniente; pero los patrones de dispersión pueden ser muy variables y se debe tener precaución con las distancias generalizadas citadas en la literatura. Ha habido una gran cantidad de interés e investigación sobre la producción relativa de polen y la dispersión en los últimos años (35), pero muchos de estos estudios dependen del modelado matemático y la extrapolación.

Plantas polinizadas por el viento, como *Pinus*, *Betula* y *Corylus*, invierten en la producción de grandes cantidades de polen, que potencialmente puede viajar a grandes distancias. Aún así, la mayoría del polen de cualquier planta cae cerca del padre y la dispersión puede estar limitada por barreras físicas, especialmente en entornos urbanos.

En plantas polinizadas por insectos, como *Digitalis purpurea*, *Lonicera* spp. y *Trifolium repens*, es raro que la dispersión vaya más allá de la planta misma, ya que el polen se transfiere directamente al cuerpo del insecto, o sólo a su probóscide.

Los palinomorfos raros son con frecuencia los indicadores más potentes de contacto entre un objeto y la planta específica u hongo que lo produjo.

Cuando se cuantifican los taxones componentes dentro del ensamblaje y se obtiene un perfil, se produce una "imagen del lugar" aún más clara. Esto es importante cuando se están buscando los orígenes geográficos. El perfil general debería ser similar entre lugares y artículos que se comparen, pero la presencia de marcadores raros es particularmente importante ya

que confieren especificidad, y demuestran la singularidad del estado palinológico de cada ubicación y artículo.

Casos en que se han realizado estudios micológicos complementando otras investigaciones generalmente químicas

En la literatura se han presentado una gran cantidad de casos (13, 14) que demuestran el valor de combinar palinomorfos botánicos y fúngicos en investigaciones criminales reales.

Se resumen aquí situaciones en las que la micología puede ayudar a una investigación, y se presentan cuestiones relacionadas con el desarrollo del tema:

1) **Hongos del suelo como herramienta forense para ubicar tumbas clandestinas:** La palinología ha sido útil para localizar tumbas clandestinas y otras características, ya que logra distinguir los lugares contactados por un cadáver. Así, por ejemplo, se demostró que las víctimas depositadas en siete tumbas colectivas en el N.E. de Bosnia habían sido exhumadas y enterradas de nuevo en una gran cantidad de sitios secundarios (36). El análisis palinológico y mineralógico de los sedimentos, que habían estado en contacto íntimo con los cuerpos, proporcionó los perfiles ambientales de los sitios originales de entierro que se habían localizado en áreas de geología, suelos y vegetación contrastante. Si bien las esporas fúngicas no eran consideradas por Brown en ese momento, es fácil ver cómo podría haber mejorado la resolución de los datos analíticos en tales casos.

En años recientes se han estudiado, a lo largo de un año, los efectos de la descomposición de cadáveres sobre las comunidades de nematodos del suelo (37) y sobre la química del suelo debajo de los mismos (38), complementando estudios anteriores sobre análisis elemental de suelos y vegetación alrededor de restos humanos en descomposición (39).

En Argentina se ha utilizado el análisis de los hongos del suelo para ubicar tumbas clandestinas ubicadas en la Provincia de Buenos Aires. Como ejemplo del valor en la aplicación forense, en un estudio realizado en la Provincia de Buenos Aires (40) se identificaron los hongos encontrados en el suelo debajo de los cadáveres en descomposición con el objetivo de relacionar la co-presencia de restos humanos y diferentes especies fúngicas. Se aislaron los hongos de tres maneras: lavado del suelo, diluciones seriadas y crecimiento en cámara húmeda.

Dichotomomyces cejpii, *Talaromyces trachyspermus*, *Talaromyces flavus* y *Talaromyces* sp. fueron las especies representativas encontradas, con las pertenecientes al grupo de amoníaco, cuyos hongos son los primeros en la sucesión de la descomposición de cadáveres directamente en el suelo.

La micobiota encontrada en esa área de estudio difirió claramente de la identificada en la muestra control y de las especies descriptas previamente para otras áreas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (40).

Se necesitan más ejemplos forenses de este tipo para desarrollar completamente el uso detallado de la micología como herramienta forense.

2) **Análisis de microfósiles fúngicos en aplicaciones paleoecológicas:** En paleoecología se estudian los cambios en el medio ambiente ocurridos en el tiempo por la incidencia de la actividad humana. Para ello, se analizan los macro- y microfósiles de plantas en sedimentos y paleosoles (o suelos antiguos, generalmente enterrados). Se procesa una cantidad restringida de materiales para obtener palinomorfos en sedimentos orgánicos e inorgánicos, y paleosoles.

Es relativamente reciente que los palinólogos han considerado esporas fúngicas y otras entidades microscópicas distintas del polen, como indicadores indirectos valiosos. Los restos fúngicos en sedimentos del Holoceno se estudiaron por primera vez de manera sistemática en la Universidad de Amsterdam a fines de la década de 1960 y desde entonces ha tenido un papel fundamental en este tipo de investigaciones (41). Las publicaciones sobre palinomorfos

no polínicos, es decir distintos al polen, van aumentando y se consideran indicadores importantes de entornos ambientales pasados.

Se realizó un estudio geológico y micológico por investigadores del Departamento de Geología y del Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, de microfósiles fúngicos recuperados en el perfil fósil de la turbera pleistoceno-holocera de Tierra del Fuego, Argentina, como contribución paleoecológica (42).

Estos restos fúngicos se obtuvieron de la turbera La Correntina (S 54° 33´ - O 67°), ubicada en el centro de la Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. Los microfósiles fúngicos reconocidos presentaron rasgos morfológicos distintivos que permitieron ubicarlos sistemáticamente. Se identificaron y describieron representantes de Glomeromycota, Ascomycota, hongos mitospóricos y tres tipos de esporas a las cuales no se les asignó rango taxonómico. Este estudio representa un aporte al conocimiento de los palinomorfos no polínicos como lo son los restos fúngicos, en este caso fósiles fúngicos y proporciona información acerca de sus implicancias ecológicas (42). Los palinomorfos no polínicos fueron durante mucho tiempo ignorados, a pesar que su aparición en muestras polínicas es frecuente superando muchas veces en abundancia a otros microfósiles de pared orgánica.

Las esporas coprófilas tipo-*Sordaria* y tipo-*Sporormiella* son indicativas de la presencia de fauna herbívora. La aparición de esporas pirófilas-carbonícolas de *Gelasinospora* sp. se relacionaría con restos vegetales carbonizados. El registro de hifopodios de *Gaeumannomyces* sp. indicaría la presencia de ciperáceas y gramíneas (42). A partir del reconocimiento de distintos paleoambientes en el perfil fósil de la turbera pleistoceno-holocena La Correntina, estepa, ecotono bosque-estepa y bosque, se realizan inferencias paleoecológicas en relación a los principales taxa fúngicos encontrados.

Los restos de microfósiles fúngicos brindan importante información en función del hábitat, de la especificidad de la planta hospedante y de los restos vegetales. La estrecha relación entre determinados tipos polínicos y algunos hongos permite inferir la presencia de las plantas que generaron el ambiente propicio para el desarrollo de ciertos hongos saprofíticos o parásitos. En este trabajo se brinda información sobre las condiciones paleoecológicas de la turbera, a partir de los principales restos fúngicos y su relación con las paleocomunidades vegetales dominantes.

3) **Esporas del hongo *Caryospora callicarpa* en el Reino Unido a modo de marcador de evidencias:** Este hongo, que tiene particulares esporas grandes y septadas marrones distintivas, no se había recolectado en su sustrato de madera natural en el Reino Unido desde 1865. No obstante, fue descubierto en preparaciones palinológicas relacionadas con seis investigaciones criminales y una arqueológica en el Reino Unido desde 2007 (43). Excepto por el especímen arqueológico, todas las esporas fueron recuperadas del suelo comparativo u otras muestras de superficie, y también de restos humanos, botas o ropa (9).

La presencia de estas esporas sugirió que los objetos habían estado en contacto con el suelo o la superficie de donde se tomaron las muestras comparativas. En un caso, *Caryospora callicarpa* se encontró en una senda al lado de un arroyo, así como en muestras de lodo tomadas de un cadáver que se encontraba en una pendiente ascendente a unos 30 metros del arroyo. La presencia de las esporas y el polen de plantas acuáticas, indicó que el cuerpo había sido colocado en la senda, y luego cayó, o se arrastró a través de la corriente antes de ser ubicado en el sitio (9, 17). En otros dos casos, las esporas de esta misma especie fueron encontradas en muestras comparativas de una escena del crimen y en el calzado de los sospechosos (9, 14, 17). Es de interés que, en cada caso, el sitio del que se habían obtenido las esporas había sido, o estaba cerca, de una granja.

4) **Valor del estudio químico y micológico en casos de intoxicación letal por consumo casual o intencional de hongos superiores** tóxicos: Los hongos superiores utilizados para intoxicaciones intencionales suelen ser debido a su alta toxicidad y posibilidad de mortalidad por la presencia de ciclopéptidos cíclicos que han sido objeto de estudios en nuestro laboratorio. Se han realizado varios trabajos sobre las conformaciones, estructuras y estudios *ab initio* de los ciclopéptidos de *Amanita phalloides* y derivados (44-47) sobre su reactividad cruzada con otras toxinas (48) y estudios de relación estructura- actividad (QSAR: *quantitative structure-activity relationship*) y de bioactividad de éstos y otros ciclopéptidos (49-51).

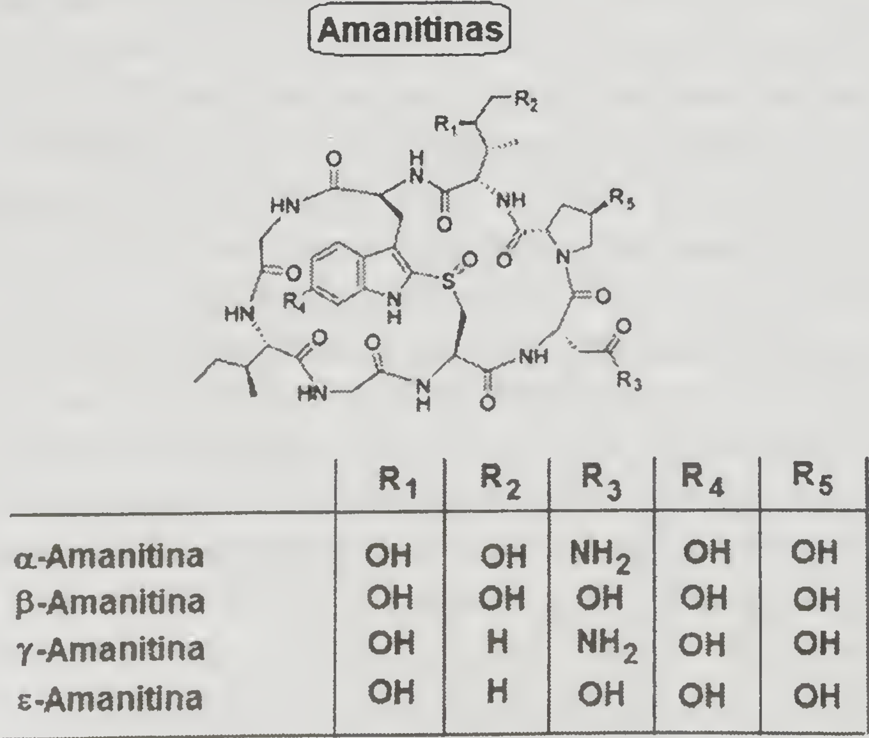
Las amatoxinas son octapéptidos bicíclicos y se han identificado en unas 35 especies de hongos de los géneros *Amanita* (*Amanita phalloides* y/o *Amanita virosa*), *Galerina* y *Lepiota* (52).

Los compuestos tóxicos son: amatoxinas, falolisina, falotoxinas y virotoxinas (53, 54). Las amatoxinas (α-, β-, g- y ε-amanitinas, amanulina, ácido amanulínico, amaninamida, amanina y proamanulina) (54) son las únicas de esos compuestos que son tóxicas por vía oral y por lo tanto, responsables de los micetismos (55-58). Las amanitinas se muestran en la Fig. 3. Las amatoxinas son absorbidas en el tubo digestivo, son termoestables (no se destruyen por cocción) y no son volátiles (no se destruyen por desecación).

Las amatoxinas se encuentran en la orina de los intoxicados, la cual puede ser analizada en los pacientes mediante electroforesis capilar o bien mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). α-Amanitina y β-amanitina se consideran las más potentes. La presencia en el contenido estomacal se analiza en forma análoga. La presencia en alimentos puede detectarse mediante CL-EM/EM, resultados que serán respaldados por el análisis micológico del resto de los hongos presentes en la comida sospechosa y en el remanente de hongos usados en su preparación.

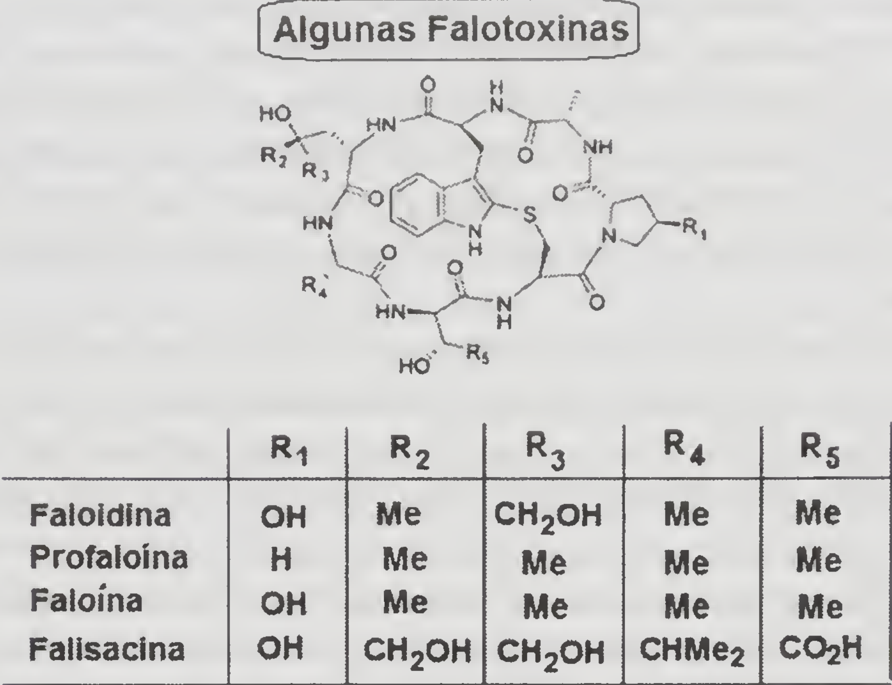
Los diferentes micetismos los hemos tratado recientemente, indicando la toxina responsable, el mecanismo de acción cuando es conocido y las especies de hongos superiores responsables de los micetismos analizados (52, 59-61).

Se pueden realizar análisis químicos y micológicos también cuando existe sospecha de intoxicación letal accidental o deliberada a través de alimentos. La detección e identificación de agentes potencialmente tóxicos en los alimentos es difícil debido a su gran diversidad química y al rango de complejidad de las matrices de alimentos. Se utiliza CL-EM/EM para identificar a los compuestos tóxicos (62).



	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
α-Amanitina	OH	OH	NH_2	OH	OH
β-Amanitina	OH	OH	OH	OH	OH
γ-Amanitina	OH	H	NH_2	OH	OH
ε-Amanitina	OH	H	OH	OH	OH

Figura 3: Estructuras químicas de las amanitinas, como ejemplos de amatoxinas.

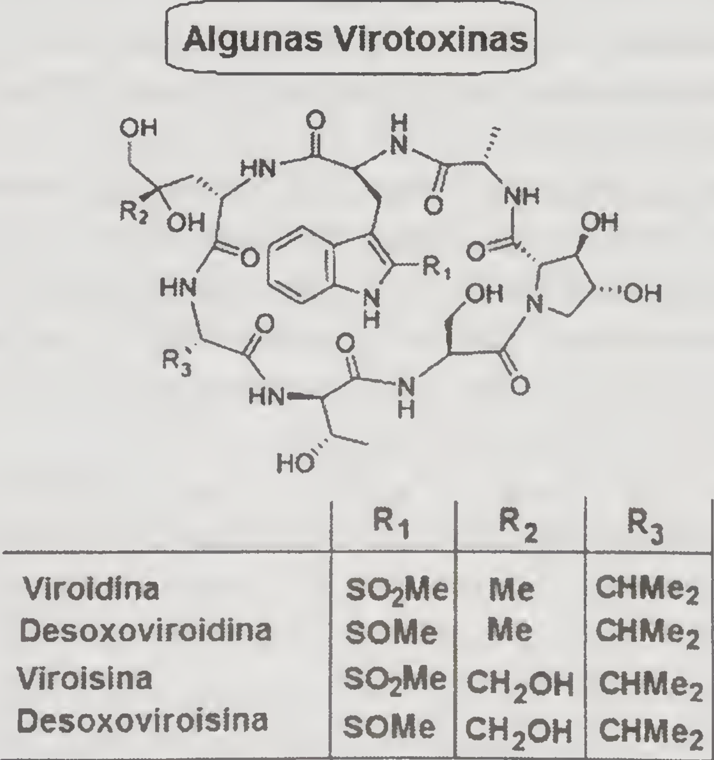


	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Faloidina	OH	Me	CH_2OH	Me	Me
Profaloína	H	Me	Me	Me	Me
Faloína	OH	Me	Me	Me	Me
Falisacina	OH	CH_2OH	CH_2OH	$CHMe_2$	CO_2H

Figura 4: Estructuras químicas de algunas falotoxinas a modo de ejemplo.

Las **falotoxinas** (faloidina, profaloína, faloína, falisina, falacidina, falacina, falisacina) son heptapéptidos bicíclicos muy relacionados con las amatoxinas y también se aislaron del género *Amanita* (63, 64). En la Fig. 4 se muestran algunas falotoxinas a modo de ejemplo. Si bien son extremadamente tóxicas cuando se administran por vía intravenosa, no lo son por vía oral ya que no son absorbidas por el aparato digestivo y por lo tanto no son causa de intoxicación humana por ingestión de estos hongos (65, 66).

Las **virotoxinas** (viroidina, desoxoviroidina, alaviroidina, aladesoxoviroidina, viroisina, desoxoviroisina) son péptidos tóxicos que se encuentran singularmente en *Amanita virosa* (67) y recientemente se encontraron en *A. subpallidorosea* (68). Algunas virotoxinas se muestran en la Fig. 5, a modo de ejemplo. A diferencia de las falotoxinas que son bicíclicos, las virotoxinas son heptapéptidos monocíclicos y como las falotoxinas sólo son tóxicas por vía endovenosa (63). Recientemente se ha estudiado la biosíntesis de los ciclopéptidos tóxicos de *Amanita* (69).



	R_1	R_2	R_3
Viroidina	SO_2Me	Me	$CHMe_2$
Desoxoviroidina	SOMe	Me	$CHMe_2$
Viroisina	SO_2Me	CH_2OH	$CHMe_2$
Desoxoviroisina	SOMe	CH_2OH	$CHMe_2$

Figura 5: Estructuras químicas de algunas virotoxinas a modo de ejemplo.

5) **Intoxicaciones y muerte por consumo de "hongos mágicos" y de bebida con efecto alucinogénico:** Para determinar si ha habido una intoxicación por uso de drogas ilícitas es necesario realizar el estudio químico correspondiente, complementario del análisis palinológico. En el caso de haber ocurrido consumo de los llamados "hongos mágicos", o sea del género *Psilocybe*, es importante complementar el estudio con el análisis micológico correspondiente que incluye verificar las esporas fúngicas presentes y eventualmente realizar un estudio de ADN.

En el caso de consumo de sustancias presentes en bebidas alucinogénicas utilizadas en el marco de ceremonias de religiones sincréticas, generalmente bajo la dirección de un chamán si se produce una muerte entre los asistentes, se puede confirmar la responsabilidad del chamán en la cantidad consumida en base al estudio químico cuantitativo de las cantidades presentes en fluidos biológicos de los asistentes a la ceremonia o bien en el análisis forense. La metodología incluye el uso de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa tándem (CL-EM/EM). En tales casos suele aparecer en orina el compuesto alucinogénico y disperceptivo *N,N*-dimetiltriptamina (DMT), como lo hemos realizado anteriormente.

Justamente en algunos grupos de personas, desde hace unos años, se ha puesto de moda en Inglaterra, en EE.UU. y en Brasil encontrarse y participar en el consumo de sustancias exóticas y psicotrópicas bajo la supervisión de un "chamán", como es el caso de "*Ayahuasca*", usada también a modo de sacramento en religiones sincréticas en Brasil. Esta bebida se logra mediante la cocción de hojas y tallos de dos plantas sudamericanas (generalmente *Psychotria viridens* y *Banisteropsis caapi*). *P. viridens* produce dimetiltriptamina (DMT) y *B. caapi* produce un inhibidor de la monoaminooxidasa que evita que DMT sea degradada en el tracto gastrointestinal. Hace unos años estudiamos en nuestros laboratorios los efectos de esta bebida en consumidores de muchos años, en nuevos y en aquellos que la habían probado pocas veces (70). La sustancia psicotrópica pasa directamente al torrente sanguíneo y atraviesa la barrera hematoencefálica como lo demostráramos en nuestros laboratorios (71, 72).

En un caso descripto en el oeste de Inglaterra algunos hombres y mujeres participaron de una sesión en la que recibieron '*Ayahuasca*', administrada por un "chamán" británico (16). Los participantes disfrutaron la experiencia, a excepción de un joven que perdió la cordura y fue llevado a su casa por sus amigos que lo cuidaron durante un coma, tratando sus funciones corporales y alimentándolo con jugo de naranja. Cuatro días después de la ‹ceremonia›, el joven murió y se realizó una investigación policial sobre esta muerte sospechosa. Uno de sus amigos declaró que el difunto tenía el hábito de usar ‹hongos mágicos› (*Psilocybe semilanceata*), y se buscaron evidencias en su casa.

En la autopsia, se tomó una muestra estándar del contenido estomacal, pero, en este caso, se solicitaron además muestras de los contenidos del intestino inferior, dado que el joven se mantuvo vivo durante cuatro días, por lo que la peristalsis había continuado, y lo que consumiera el día de la ceremonia habría pasado del estómago al íleon y colon. Por lo tanto, se tomaron muestras del estómago, íleon, colon transverso y colon descendente. Todas las muestras fueron sometidas a análisis palinológico.

En su casa se encontraron dos frascos, una lata, una caja de plástico y cajones de un mueble que fueron sujetos a análisis palinológico. El primer frasco contenía líquido y una bolsita de té de menta. El fluido contenía algunos restos de plantas, pero consistía principalmente en una suspensión densa de polen de *Cannabis* y algunas malezas de jardín. Es probable que se hubiera hecho una infusión de plantas de cáñamo y vertido en el recipiente después de la cocción. El segundo frasco estaba seco, pero los lavados mostraron que contenía una suspensión muy densa de esporas de *Psilocybe semilanceata*. La lata y la caja también contenían esporas muy abundantes y es probable que los hongos hayan sido almacenados en ellos. Los cajones

también contenían esporas de hongos, así como algunos restos de plantas de *Cannabis* y polen, helechos y varias malezas. Es probable que el fallecido guardara allí hongos y también plantas de *Cannabis*. Las malezas asociadas con el frasco que contenía *Cannabis* posiblemente indicaron que las plantas habían crecido en un jardín descuidado. El polen en los cajones sugirió que se habían recolectado hongos de algún hábitat natural cerca del bosque.

En el tracto intestinal del hombre se encontró una gama completa de material vegetal, polen y esporas. Como se esperaba, el estómago y el íleon dieron muy poco material residual, y la mayoría de los palinomorfos se habían movido al colon. Los datos del colon transverso y descendente han sido combinados. Se encontraron una sola testa y lenteja de naranja, junto con cantidades considerables de semillas de *Papaver somniferum*. La naranja se puede explicar, pero las semillas de amapola fueron inesperadas. Era muy improbable que provinieran del pan (los panaderos recubren los panecillos con estas semillas) porque no habría podido comer mientras estaba en coma. El polen de amapola también se encontró junto con grandes cantidades de esporas de *P. semilanceata*, y polen de *Mentha* y *Cannabis*. El difunto obviamente había bebido de los frascos unos días antes de su muerte (16).

El ensamblaje mixto de árboles y hierbas probablemente refleja los lugares en los cuales se cosecharon el *Cannabis* y los hongos. Los taxones encontrados, de *Rosaceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae* y *Boraginaceae* se sabe que son visitados por las abejas. Es probable, que esta mezcla de polen derivara de la miel que se agregó a la infusión amarga de *Ayahuasca* en la ceremonia.

Una explicación factible para las semillas de *P. somniferum* fue que el difunto había consumido (chupado) cápsulas de amapola para obtener el látex que contiene los opiáceos. Evidentemente estaba dispuesto a ingerir una variedad de sustancias psicotrópicas al mismo tiempo.

Se había acusado al "chamán" por homicidio, pero cuando se obtuvieron los resultados del colon del hombre, fue imposible implicar a la *Ayahuasca* como la principal causa de muerte, especialmente porque ninguno de los otros participantes había presentado efecto perjudicial alguno. El acusado finalmente recibió sentencia de custodia de 15 meses por posesión de una droga de Clase A. Sin el análisis de varias áreas del tracto intestinal del hombre, y el hallazgo de polen, esporas fúngicas y semillas, no habría habido evidencia de consumo de otras drogas (16).

En el caso de consumo de sustancias presentes en bebidas alucinogénicas utilizadas en el marco de ceremonias de religiones sincréticas, como es el caso de *Ayahuasca*, generalmente bajo la dirección de un chamán, la metodología química de análisis que se utiliza es cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa tándem (CL-EM/EM). En tales casos suele aparecer en orina *N,N*-dimetiltriptamina (DMT) (Fig. 6) como lo hemos determinado anteriormente (70), en forma similar a lo que ocurre en pacientes esquizofrénicos, en los que pudimos demostrar que existe metilación aberrante (73).

Análogamente los compuestos alucinogénicos de los hongos mágicos son triptaminas que químicamente se distinguen de DMT. Se recomienda la realización de espectrometría de masa (EM).

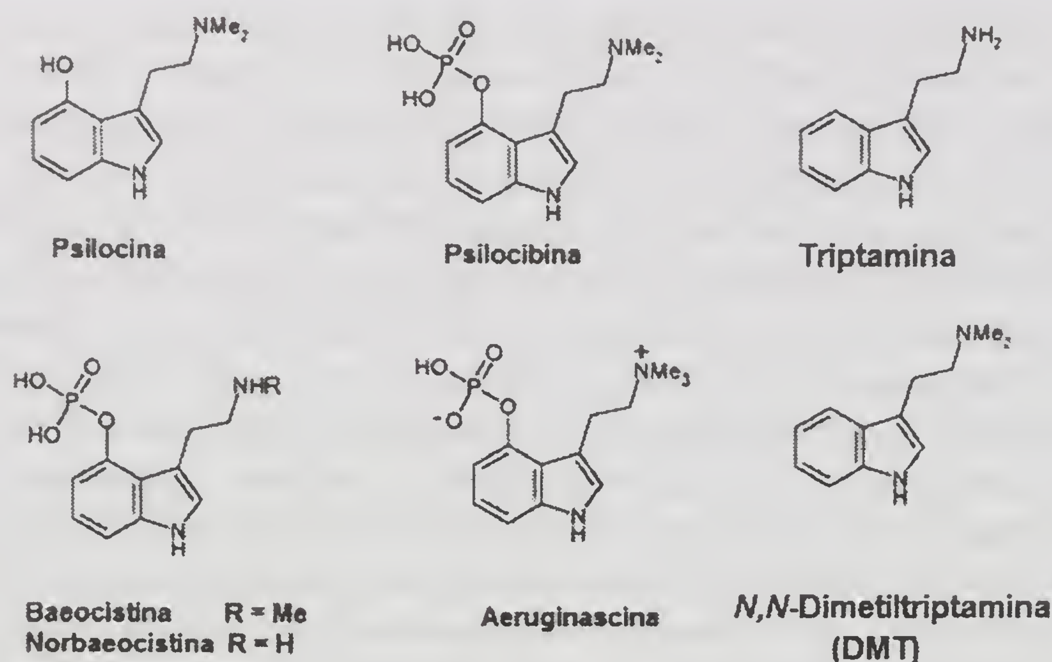


Figura 6: Estructuras químicas de triptamina y de las triptaminas alucinogénicas.

Todos estos compuestos son triptaminas, activas en el sistema nervioso central, con efectos alucinogénicos (74). Psilocina es un alcaloide indólico que se encuentra en especies del género *Psilocybe* que presenta una bioactividad similar a la dietilamida del ácido lisérgico (LSD), harmina y otras triptaminas psicoactivas [bufotenina, DMT, etc.], que inducen efectos psicoactivos, tales como: cambios en la percepción, alteración del estado de ánimo y alucinaciones con colores brillantes (75). Se han estudiado las alteraciones de la percepción por acción exógena con sustancias alucinogénicas y por producción endógena por compuestos indólicos como DMT, que se ha obtenido también en orina de pacientes esquizofrénicos (71, 73, 76) y se ha estudiado la cinética a corto y largo plazo mediante estudios de marcación (71, 72).

Son sustancias hidrosolubles, desaparecen con el agua de cocción, pero no con la desecación de los hongos.

El compuesto fosforilado psilocibina también está presente y se convierte fácilmente en psilocina *in vivo*. Baeocistina y norbaeocistina se encuentran como componentes menores en hongos psicoactivos del género *Psilocybe*. El derivado trimetilado de psilocibina, aeruginascina (Fig. 6), se ha aislado de otro hongo alucinogénico, *Inocybe aeruginascens* (77).

Los compuestos psilocibina y psilocina y sus derivados se han aislado de más de 150 especies de hongos, pero se encuentran principalmente en los siguientes géneros: *Psilocybe, Panaeolus*, algunos *Gymnopilus*. y *Stropharia aeruginosa*. La mayor concentración de psilocibina se encuentra en *Psilocybe azurescens* de EE.UU. (Oregon) con hasta 1,8% de psilocibina, 0,5% de psilocina y 0,4% de baeocistina en peso seco, que es cultivado en EE.UU., Nueva Zelanda y Alemania. Todos estos compuestos indólicos pueden determinarse en los fluidos biológicos de los pacientes (78).

Conocybe cyanopus, Panaeolus subbalteatus, Pluteus salicinus y *Psilocybe semilanceata* tienen cantidades moderadas (> 0,5% de peso seco) de psilocibina. *Psilocybe semilanceata* y *P. subbalteatus* son los únicos carpóforos que contienen psilocibina que están presentes abundantemente en el centro y el norte de Europa y son tóxicos (79). *Psilocybe semilanceata, P. cubensis, P. mexicana, P. bohemica* y *P. baeocistis* son las más comúnmente consumidas. Pequeñas cantidades de psilocina y 0,2%-0,4% de psilocibina se encuentran en los carpóforos de *Psilocybe mexicana*.

Los valores de DL_{50} de psilocibina en ratones vía i.v. e i.p. son 275 y 420 mg/kg respectivamente (80).

Estos compuestos indólicos presentan una similitud estructural con el neurotransmisor serotonina y el efecto alucinogénico de los hongos mágicos es por lo tanto causado por su

interferencia con las acciones normales de la serotonina cerebral, como se demostrara mediante tomografía de emisión de positrones (81).

La psilocibina se convierte rápidamente en psilocina en el cuerpo a través de la desfosforilación. Psilocina es un agonista de receptor mixto y varios receptores serotoninérgicos, como 5-HT_{1A}, 5-HT_{2A} y 5-HT_{2C}, son parcialmente inhibidos por esta toxina. Tiene una alta afinidad por el receptor de serotonina 5-HT_{2A} en el cerebro, donde imita los efectos de serotonina (5-HT o 5-hidroxitriptamina). Psilocina se une menos fuertemente con otros receptores serotoninérgicos 5-HT_{1A}, 5-HT_{2C} y 5-HT_{1D}.

Se considera que el modo de acción de todas las triptaminas alucinogénicas mencionadas ocurre a través del agonismo no selectivo de varios receptores serotoninérgicos del sistema nervioso central, específicamente los receptores 5-HT_{1A}, 5-HT_{2A} y 5-HT_{2C} (74, 82, 83).

Conclusiones

Los palinomorfos fúngicos son relevantes en las muestras de perfiles de escenas del crimen y de objetos obtenidos de sospechosos y víctimas (5). Se han brindado ejemplos de estudios de casos donde las esporas de hongos, el polen y las esporas de plantas han aumentado la interpretación de paisajes antiguos y el uso de la tierra, y brindado inteligencia fundamental y evidencia probatoria en las investigaciones criminales.

En las investigaciones policiales, el científico debe evaluar personalmente todos los aspectos relevantes en cadáveres *in situ*, suelos asociados, animales y vegetación, así como piel, cabello, uñas, conductos nasales (cornetes), tracto intestinal, vómitos, heces y ropa del cadáver en la morgue (3).

Los datos de palinomorfos vegetales y fúngicos son complementarios y sirven como controles independientes de los conjuntos de datos. Además, un conjunto de datos puede proporcionar información que otro no puede, por ejemplo, a través de tipos raros de polen y esporas (9).

Invariablemente, cualquier investigador buscará obtener tantas líneas de evidencia independientes como sea posible para hacer al caso lo más fuerte posible para la presentación ante un jurado o ante la corte. La evidencia de plantas a menudo es más fuerte cuando es respaldada por evidencia micológica, y viceversa. Ambas son excelentes fuentes para rastrear evidencias, pero los hongos son particularmente valiosos debido a su capacidad para crecer en situaciones aparentemente no prometedoras, y con frecuencia inesperadas, si hay incluso una cantidad minúscula de sustrato adecuado disponible. Han sido recuperados de vidrio, ropa, madera, plástico, superficies pintadas, libros, metal, y muchos otros objetos y sustancias.

Las colonias fúngicas en crecimiento activo han ayudado a determinar: intervalos post mortem, tiempo de abandono de locales (premises), fuentes de contaminación en fraude de seguros, responsabilidad legal, negligencia de niños, culpabilidad por negligencia en el lugar de trabajo. intento de actos de terrorismo, causa de muerte por candidiasis, aspergilosis, mucormicosis y otras micosis (con muertes consideradas sospechosas). También se ha demostrado que las biopelículas son debido a negligencias en establecimientos médicos y en otras situaciones donde están involucradas las cañerías.

Como hemos visto en este trabajo, los análisis de palinomorfos son un complemento valioso de los análisis químicos, bioquímicos y geológicos, ya que proporcionan evidencia excelente de rastros en ubicación de tumbas clandestinas, análisis de microfósiles fúngicos como aplicación paleoecológica, presencia de esporas de un hongo biomarcador ejemplificado con *Caryospora callicarpa* en el Reino Unido y, por último, intoxicación letal con hongos mágicos y bebidas alucinogénicas.

Agradecimientos:

Al Hospital de Clínicas y a la Universidad de Buenos Aires por la infraestructura brindada; al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Mincyt, Argentina; ahora Secretaría) por el acceso a la biblioteca virtual. A.B.P. es Investigadora Superior de CONICET.

Referencias:

1. Amendt J., Campobasso C., Lee Goff M., Grassberger M. *Current Concepts in Forensic Entomology*. Dordrecht: Springer, 2010.
2. Innes J. B., Blackford J. J., Rowley-Conwy P. A. Late Mesolithic and Early Neolithic forensic disturbance: a high resolution palaeoecological test of human impact hypothesis. *Quat. Sci. Rev.* 2013; 77: 80-100.
3. Wiltshire P. E. J. Protocols for forensic palynology. *Palynology* 2016; 40 (1): 4-24.
4. Brown C.A. *Palynological Techniques*. 2a edición. Dallas, TX: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 2008.
5. Wiltshire P. E. Mycology in palaeoecology and forensic science. *Fungal Biol.* 2016; 120 (11): 1272-1290.
6. Goray M., Mitchell J. R., van Oorschot R. A. H. Evaluation of multiple transfer of DNA using mock scenarios. *Leg. Med. (Tokyo)* 2012; 14 (1): 40-46.
7. Butler J. M. *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: methodology*. Oxford: Academic Press, 2011.
8. Butler J. M. *Advanced Topics in Forensic DNA Typing: interpretation*. Oxford: Academic Press, 2014.
9. Hawksworth D. L., Wiltshire P. E., Webb J. A. Rarely reported fungal spores and structures: an overlooked source of probative trace evidence in criminal investigations. *Forensic Sci. Int.* 2016; 264: 41-46.
10. Mildenhall D. C., Wiltshire P. E. J., Bryant V. M. Forensic palynology: why do it and why it works. *Forensic Sci. Int.* 2006; 163: 163-172.
11. Szelecz I., Lösch S., Seppey C. V. W., Lara E., Singer D., Sorge F., Tschui J., Perotti M. A., Mitchell E.A. D. Comparative analysis of bones, mites, soil chemistry, nematodes and soil micro-eukaryotes from a suspected homicide to estimate the post-mortem interval. *Sci. Rep.* 2018; 8 (1): Article number 25.
12. Hani M., Thieven U., Perotti M. A. Soil bulb mites as trace evidence for the location of buried money. *Forensic Sci. Int.* 2018. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.09.016
13. Hawksworth D. L., Wiltshire P. E. Forensic mycology: the use of fungi in criminal investigations. *Forensic Sci. Int.* 2011; 206 (1-3): 1-11.
14. Hawksworth D. L., Wiltshire P. E. J. Forensic mycology: current perspectives. *Res. Repts. Forensic Med. Sci.* 2015; 5: 75-85.
15. Wiltshire P. E. J., Hawksworth D. L., Webb J. A., Edwards K. Palynology and mycology provide separate classes of probative evidence from the same forensic samples: a rape case from southern England. *Forensic Sci. Int.* 2014; 244: 186-195.
16. Wiltshire P. E. J., Hawksworth D. L., Edwards K. J. Light microscopy can reveal the consumption of a mixture of psychotropic plant and fungal material in suspicious death. *J. Forensic Leg. Med.* 2015; 34: 73-80.
17. Wiltshire P. E. J. Forensic ecology, botany, and palynology: some aspects of their role in criminal investigation. En: Ritz K., Dawson L., Miller D. (eds.), *Criminal and Environmental Soil Forensics*.
Dordrecht: Springer, 2009; pp. 129-149.

18. Moore P. D., Webb J. A., Collinson M. E. *Pollen Analysis*. 2a edición, Oxford: Blackwell, 1992.
19. Clarke C. Differential recovery of fungal and algal palynomorphs *versus* embryophyte pollen and spores by three processing techniques. En: Davis O. K. (ed.), *Aspects of Archaeological Palynology: methodology and applications*. Dallas, TX: American Association of Stratigraphic Palynologists, AASP Contributions Series no. 29, 1999; pp. 53-62.
20. Wood G. D., Gabriel A. M., Lawson J. C. Palynological techniques - processing and microscopy. En: Jansonius J., McGrebor D. C. (eds.), *Palynology: principles and applications. Principles*, Vol. 1. Dallas: American Association of Statigraphic Palynologists Foundation, 1996; pp. 29-50.
21. Traverse A. *Paleopalinology*. 2a edición, Series: Topics in Geobiology, Volume 28, Springer, 2007.
22. Marco Brown O. L. Los hongos fósiles o la paleomicología. *Interciencia* 2004; 29 (2): 94-98.
23. Deguchi S., Tsujii K., Horikoshi K. *In situ* microscopic observation of chitin and fungal cells with chitinous cell walls in hydrothermal conditions. *Sci .Rep.* 2015; 5: 11907.
24. Brooks J., Shaw G. Chemical structure of the exine of pollen walls and a new function for carotenoids in nature. *Nature* 1968; 219: 532-533.
25. Brooks J., Shaw G. Sporopollenin: a review of its chemistry, palaeochemistry and geochemistry. *Grana* 1978; 17: 91-97.
26. Jardine P. E., Abernethy F. A. J., Lomax B. H., Gosling W. D., Fraser W. T. Shedding light on sporopollenin chemistry, with reference to UV reconstructions. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2017; 238: 1-6.
27. He X., Dai J., Wu Q. Identification of sporopollenin as the outer layer of cell wall in microalga *Chlorella protothecoides*. *Front. Microbiol.* 2016; 7: 1047.
28. Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P., Bronk Ramsey C., et al. Selection and treatment of data for radiocarbon calibration: an update to the international calibration (IntCal) criteria. *Radiocarbon* 2013; 55: 1923-1945.
29. Baker G. J., Bhagwat S. A., Willis K. J. Do dung fungal spores make a good proxy for past distribution of large herbivores? *Quat. Sci. Rev.* 2013; 62: 21-31.
30. Schofield J. E., Edwards K. J. Grazing impacts and woodland management in Eriksfjord: Betula, coprophilous fungi and the Norse settlement of Greenland. *Veg. Hist. Archaeobot.* 2011; 20: 181-197.
31. Dugmore A. J., Keller C., Mc Govern T. H. Norse Greenland settlement: reflections on climate change, trade, and the contrasting fates of human settlements in the North Atlantic islands. *Arctic Anthropol.* 2007; 44: 12-36.
32. Wiltshire P. E. J. Consideration of some taphonomic variables of relevance to forensic palynological investigation in the United Kingdom. *Forensic Sci. Int.* 2006; 163: 73-182.
33. Galante T. E., Horton T. R., Swaney D. P. 95% of basidiospores fall within 1 m of the cap: a field and modelling-based study. *Mycologia* 2011; 103: 1175-1183.
34. Robertson L. S., Brandys R. A multilaboratory comparative study of spore trap analyses. *Mycologia* 2011; 103: 221-231.
35. Davis B. A., Zanon M., Collins P., Kaplan J. P., et al. The European Modern Pollen Database (EMPD) project. *Veg. Hist. Archaeobot.* 2013; 22: 521-530.
36. Brown A. G. The use of forensic botany and geology in war crimes investigations in N.E. Bosnia. *Forensic Sci. Int.* 2006; 163: 204-210.
37. Szelecz I., Sorge F., Seppey C. V. W., Mulot M., Steel H., Neilson R., Griffiths B. S., Amendt J., Mitchell E. A. D. Effects of decomposing cadavers on soil nematode communities over a one-year period. *Soil Biol. Biochem.* 2016; 103: 405-416.
38. Szelecz I., Koenig I., Seppey C. V. W., Le Bayon R.-C., Mitchell E. A. D. Soil chemistry changes beneath decomposing cadavers over a one-year period. *Forensic Sci. Int.* 2018; 286:

155-165.

39. Perrault K. A., Forbes S. L. Elemental analysis of soil and vegetation surrounding decomposing human analogues. *Can. Soc. Forensic Sci. J.* 2016; 49 (3): 1-14.

40. Tranchida M. C., Centeno N. D., Cabello M. N. Soil fungi: their potential use as a forensic tool. *J.Forensic Sci.* 2014; 59 (3): 785-789.

41. van Geel B. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores, and macro and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 1978; 25: 1-120.

42. Musotto L. L., Bianchinotti M. V., Borromei A. M. Inferencias paleoecológicas a partir del análisis de microfósiles fúngicos en una turbera pleistoceno-holocena de Tierra del Fuego, Argentina. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat* 2013; 15 (1): 89-98.

43. Hawksworth D. L., Webb J. A., Wiltshire P. E. J. *Caryospora callicarpa*: found in archaeological and modern forensic preparations but not collected since 1865. *Field Mycol.* 2010; 11 (2): 55-59.

44. Battista M., Vitale A., Pomilio A. B. Relationship between the conformation of the cyclopeptides isolated from the fungus *Amanita phalloides* (Vaill. ex Fr.) Secr. and its toxicity. *Molecules* 2000; 5: 489-490.

45. Pomilio A. B., Battista M., Vitale A. Semiempirical AM1 and *ab initio* parameters of the lethal cyclopeptides *alpha*-amanitin and its related thioether, *S*-sulphoxide, sulphone, and *O*-methyl derivative. *J. Mol. Struct. Theochem* 2001; 536: 243-262.

46. Pomilio A. B., Battista M. E., Vitale A. A. Naturally occurring cyclopeptides: Structures and bioactivity. *Curr. Org. Chem.* 2006a; 10 (16): 2075-2121.

47. Pomilio A. B., Battista M. E., Vitale A. A. Estructuras de las toxinas de hongos superiores. *Industria y Química* 2006; (352): 19-27.

48. Battista M. E., Rodríguez S. R., Vitale A. A., Pomilio A. B., Albónico J. F., Alonso A. Reactividad cruzada entre los venenos de serpiente, de abeja y las toxinas del hongo *Amanita phalloides*.205. *Medicina (Buenos Aires)* 2004; 64 (Supl 1): 66-67.

49. Pomilio A. B., Battista S. M., Vitale A. A. I. Quantitative structure-activity relationship (QSAR) studies on bioactive cyclopeptides. En: Castro E. A. (Chief Editor), *QSPR-QSAR Studies on Desired Properties for Drug Design.* Kerala, India: Research Signpost, Managing Editor: Pandalai SG, Chapter 1, 2010; pp. 1-34. http://issuu.com/researchsignpost/docs/castro_e_book

50. Pomilio A. B., Battista M. E., Vitale A. A., Battista S. M., Ricciardi A. I. A., Torres A. M., et al. Neutralización heteróloga e interacción de amanitinas con venenos de *Bothrops* y *Crotalus* y de abeja. [Heterologous neutralization and interaction of toxic amanitins with *Bothrops* and *Crotalus* venoms, and honey bee venom]. *Acta Bioq. Clin. Latinoamer.* 2012; 46 (2): 171-182.

51. Pomilio A. B., Battista S. M., Vitale A. A. Antimicrobial and immunosuppressive activitites of cyclopeptides as targets for medicinal chemistry. En: *Chemometrics Applications and Research: QSAR in Medicinal Chemistry.* Chapter 8, Apple Academic Press, exclusive worldwide distribution by CRC Press, a Taylor & Francis Group, 2016; pp. 253-297.

52. Pomilio A. B., Battista S. M., Alonso A. Micetismos. Parte 1: Síndromes con período de latencia tardía. *Acta Bioq. Clin. Latinomer.* 2018; (4), en prensa.

53. Wieland T., Faulstich H. Fifty years of amanitin. *Experientia* 1991; 47 (11-12): 1186-1193.

54. Walton J. Chemistry of the *Amanita* peptide toxins. En: *The Cyclic Peptide Toxins of Amanita and Other Poisonous Mushrooms*. Cham: Springer, 2018; pp. 19-57.

55. Talamoni M., Cabrerizo S., Cari C., Diaz M., Ortiz de Rozas M., Sager I. Intoxicación por *Amanita phalloides,* diagnóstico y tratamiento. *Arch. Argent. Pediatr.* 2006; 104 (4): 372-374.

56. ***Pérez Gordillo** J.* H., Colbert Rodríguez M., Cuz Rivera N., Pérez Gordillo G. Falla hepática fulminante por intoxicación por *Amanita verna*. Reporte de tres casos. *Rev. Hosp. Jua.*

Mex. 2009; 76 (3): 168-175.
57. Cortese S., Risso M., Trapassi J. H. Intoxicación con *Amanita phalloides*: serie de tres casos. [*Amanita phalloides* poisoning: series of three cases]. *Acta Toxicol. Argent.* 2013; 21 (2): 110-117.
58. Barquero M., Bolaños P. Falla hepática aguda y otros trastornos causados por el consumo de *Amanita phalloides*. *Med. Leg. Costa Rica* 2016; 33 (1): 96-102.
59. Pomilio A. B., Battista S. M., Alonso A. Micetismos. Parte 2: Síndromes con sintomatología demorada y latencia muy larga. *Acta Bioquim. Clin. Latinoamer.* 2018; en revisión.
60. Pomilio A. B., Battista S. M., Alonso A. Micetismos. Parte 3: Síndromes tempranos gastrointestinales. *Acta Bioquim. Clin. Latinoamer.* 2018; en revisión.
61. Pomilio A. B., Battista S. M., Alonso A. Micetismos. Parte 4: Síndromes tempranos con síntomas complejos. *Acta Bioquim. Clin. Latinoamer.* 2018; en revisión.
62. Jansson D., Fredriksson S. A., Herrmann A., Nilsson C. A concept study on identification and attribution profiling of chemical threat agents using liquid chromatography-mass spectrometry applied to *Amanita* toxins in food. *Forensic Sci. Int.* 2012; 221 (1-3): 44-49.
63. Wieland T. The toxic peptides from *Amanita* mushrooms. *Int. J. Pept. Protein Res.* 1983; 22 (3): 257-276.
64. Garcia J., Costa V. M., Baptista P., de Lourdes Bastos M., Carvalho F. Quantification of *alpha*-amanitin in biological samples by HPLC using simultaneous UV-diode array and electrochemical detection. *J. Chromatogr. B* 2015; 997: 85-95.
65. Wieland T. *Peptides of Poisonous Amanita Mushrooms*. Berlin: Springer, 1986.
66. Homer J. A., Sperry J. Mushroom-derived indole alkaloids. *J. Nat. Prod.* 2017; 80 (7): 2178-2187.
67. Antonyuk V. O., Klyuchivska O. Y., Stoika R. S. Cytotoxic proteins of *Amanita virosa* Secr. mushroom: purification, characteristics and action towards mammalian cells. *Toxicon* 2010; 55 (7): 1297-1305.
68. Wei J., Wu J., Chen J., Wu B., He Z., Zhang P., et al. Determination of cyclopeptide toxins in *Amanita subpallidorosea* and *Amanita virosa* by high-performance liquid chromatography coupled with high-resolution mass spectrometry. *Toxicon* 2017; 133: 26-32.
69. Walton J. Biosynthesis of the *Amanita* cyclic peptide toxins. En: The *Cyclic Peptide Toxins of Amanita and Other Poisonous Mushrooms*. Cham: Springer, 2018; 93-130.
70. Pomilio A. B., Vitale A. A., Ciprian Ollivier J., Cetkovich Bakmas M., Gomez R, Vazquez G. *Ayahoasca*: an experimental psychosis that mirrors the transmethylation hypothesis of schizophrenia. *J. Ethnopharmacol.* 1999; 65 (1): 29-51.
71. Vitale A. A., Ciprian-Ollivier J., Vitale M. G., Romero E., Pomilio A. B. Estudio clínico de marcadores de la hipermetilación indólica en las alteraciones de la percepción. *Acta Bioquim. Clin. Latinoamer.* 2010; 44 (4): 627-642.
72. Vitale A. A., Pomilio A. B., Cañellas C. O., Vitale M. G., Putz E. M., Ciprian-Ollivier J. O. *In vivo* long-term kinetics of radiolabeled *N,N*-dimethyltryptamine and tryptamine. *J. Nuclear Med.* 2011; 52 (6): 970-977.
73. Pomilio A. B., Vitale A. A., Ciprian Ollivier J. O. Estudios clínicos y de radiomarcación de biomarcadores de la hipermetilación indólica en alteraciones de la percepción humana. *An. Soc. Cient. Argent.* 2017; 259 (3): 5-20.
74. Halberstadt A. L., Koedood L., Powell S. B., Geyer M. A. Differential contributions of serotonin receptors to the behavioral effects of indoleamine hallucinogens in mice. *J. Psychopharmacol.* 2011; 25 (11): 1548-1561.
75. Araujo A. M., Carvalho F., Bastos M. L., Guedes de Pinho P. G., Carvalho M. The hallucinogenic world of tryptamines: an updated review. *Arch. Toxicol.* 2015; 89 (8): 1151-1173.

76. Ciprian-Ollivier J. O., Vitale A. A., Pomilio A. B. *Génesis neuroquímica molecular de las alucinaciones en la esquizofrenia. Implicancias clínicas*. Editorial Académica Española (marca comercial de: OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Alemania). 2015.
77. Jensen N., Gartz J., Laatsch H. Aeruginascin, a trimethylammonium analogue of psilocybin from the hallucinogenic mushroom *Inocybe aeruginascens*. *Planta Med.* 2006; 72 (7): 665-666.
78. Pomilio A. B., Vitale A. A. *Determinación cuali/cuantitativa de drogas de abuso en fluidos biológicos*. Eae-publishing, Editorial Académica Española (marca comercial de: OmniScriptum GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Alemania), 2017.
79. Stijve T., Kuyper T. W. Occurrence of psilocybin in various higher fungi from several European countries. *Planta Med.* 1985; 51 (5): 385-387.
80. Antkowiak W. Z. The chemistry and toxicology of mushroom alkaloids. En: Blum M. S. (ed.), *Chemistry and Toxicology of Diverse Classes of Alkaloids*. Fort Collins, CO: Alaken, Inc, 1996.
81. Vollenweider F. X., Leenders K. L., Scharfetter C., Maguire P., Stadelmann O., Angst J. Positron emission tomography and fluorodeoxyglucose studies of metabolic hyperfrontality and psychopathology in the psilocybin model of psychosis. *Neuropsychopharmacology* 1997; 16 (5): 357-372.
82. Halberstadt A. L., Geyer M. A. Multiple receptors contribute to the behavioral effects of indoleamine hallucinogens. *Neuropharmacology* 2011; 61 (3): 364-381.
83. Halberstadt A. L. Recent advances in the neuropsychopharmacology of serotonergic hallucinogens. *Behav. Brain Res.* 2015; 277: 99-120.

CALIBRACIÓN MATEMÁTICA PARA LA VISIÓN 3D DE CÁMARAS CON DISTORSIÓN

Suárez, Marcos David[1]; Rodríguez García, Saúl[2]; Martín, Horacio[1]; Zelasco, José Francisco[3]

1.- Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Trenque Lauquen
2.- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
3.- Laboratorio de Estereología y Mecánica Inteligente, Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires (UBA).

Resumen

La calibración de las cámaras es considerada uno de los aspectos más importantes en los sistemas de visión por computadora. Particularmente en visión 3D las aplicaciones que más se destacan se corresponden a las áreas salud y biología, industrial, robótica, ciencias de la tierra, etc.

El conocimiento de los parámetros de calibración es indispensable para obtener con precisión suficiente valores cuantitativos de los objetos de una escena - espacio objeto - como sus dimensiones, forma y posición, midiendo la posición de sus proyecciones en el plano de la cámara - espacio imagen -. En la literatura se encuentran varias propuestas para la obtención de estos parámetros La calibración involucra la obtención de parámetros intrínsecos que corresponden a los de la propia cámara independiente de su posición y parámetros extrínsecos que determinan su posición en el espacio y corresponden a una traslación y a una rotación respecto de un cierto referencial considerado el referencial general.

Este artículo aborda la descripción de modelos matemáticos que resuelven la calibración en sus dos aspectos e incluyen entre los parámetros obtenidos, la distorsión generada por la lente de la cámara debido a que su determinación presenta una dificultad especialmente ardua.

1 Introducción

La tecnología de la visión artificial se basa en una semejanza con la visión natural humana. Esta tecnología tiene innumerables aplicaciones siendo las más conocidas a) en salud y biología: remodelaje de faces, ubicación de lesiones videodentografía, biomecánica, y hasta estudio de trayectoria de insectos; b) industriales desde robots de tenis de mesa hasta fabricación asistida por ordenador y control de calidad; c) arquitectura y arqueología con un ejemplo paradigmático, su aplicación para evitar la caída de la Torre de Pizza; d) Ciencias de la

tierra: geodesia, topografía, etc.; e) aplicación en vehículos submarinos; la lista continua con, por ejemplo, estudio de dinámica de fluidos, criminología y balística en industria militar, y finalmente las innumerables aplicaciones usando drones.

Siguiendo la analogía con la visión humana, cada ojo recibe un estímulo luminoso diferente, la distancia que los separa produce un ángulo de paralaje en el objeto observado. La imagen obtenida en cada retina es integrada y reconstruida en el cerebro que finalmente genera la percepción del relieve. Para imitar este proceso de reconstrucción se requiere, dado un par imágenes llamado imagen estereoscópica, resolver las siguientes tres etapas:

1. Calibración.
2. Apareo o puesta en correspondencia.
3. Reconstrucción o restitución.

La calibración comprende dos aspectos, la calibración interna o intrínseca y la calibración externa o extrínseca y la presentación de soluciones, será el objeto de este artículo. El apareo o la puesta en correspondencia consiste en la identificación de los puntos, objetos u elementos segmentados proyectados en cada imagen. Las cuatro coordenadas planas así obtenidas son los datos requeridos con los que, contando con los parámetros de calibración, permiten el cálculo de las coordenadas 3D de los puntos que conforman el modelo numérico de la escena lo que corresponde a la reconstrucción o restitución.

Siendo el primer punto, la calibración, un problema importante en la visión por computadora. En un modelo idealizado de una cámara libre de distorsiones, la proyección de un punto del espacio 3D en una imagen 2D, está dada por las coordenadas (x, y) respecto del referencial en cada imagen y que resultan de la proyección de las coordenadas (x_c, y_c, z_c) de cualquier punto visible P en un marco de referencia fijo en el espacio objeto (figura 1).

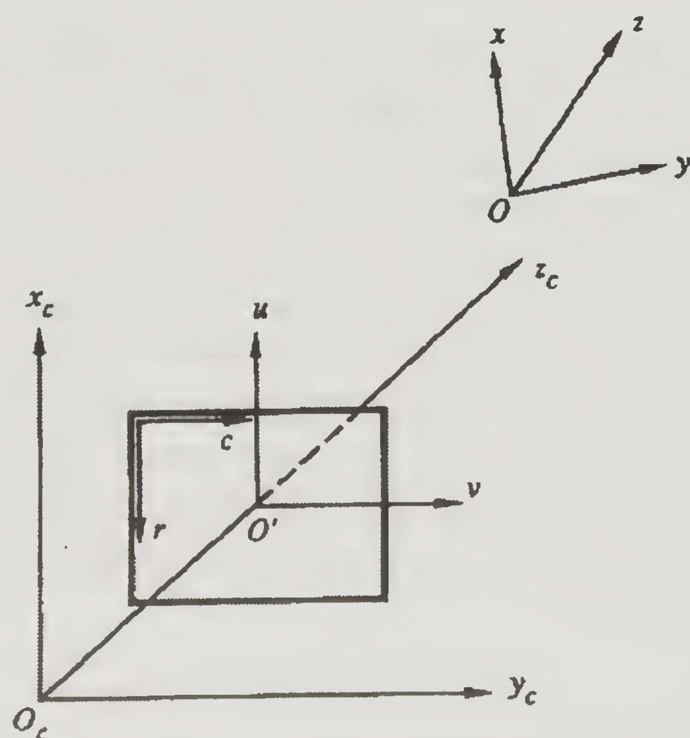


Figura 1. Sistema de coordenadas. [1]

Como podemos observar, el origen de las coordenadas del centro de la cámara en este caso coincide con el centro óptico de la cámara y el eje Z_c coincide con el eje óptico. La imagen plana, corresponde al sensor de imagen y se asume que es paralelo al plano (x_c, y_c) y a una distancia *f* al origen, donde *f* representa la longitud de la focal efectiva de la cámara

también llamada distancia principal. La relación entre el mundo (referencial general) y el sistema de coordenadas de la cámara está dada por:

$$\begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + T$$

Donde $R = (r_{i,\ j})$ es una matriz de rotación 3 x 3 que define la orientación de la cámara, y $T = (t_1, t_2, t_3)^T$ es un vector de traslación que define la posición de la cámara. Se puede definir en el plano imagen, el sistema de coordenadas imagen (O', u, v) donde O′ representa el punto principal del plano imagen (en este caso, pie de la perpendicular del punto de vista al plano imagen) y donde los ejes (u, v) son paralelos a los ejes (x_C, y_c). Las coordenadas del plano imagen del punto P está dada por las ecuaciones:

$$u = f\frac{x_c}{z_c} \qquad v = f\frac{y_c}{z_c}$$

Ahora, si nosotros definimos a (r, c) la posición de la correspondencia del pixel en la imagen digitalizada, esta posición está relacionada con las coordenadas del plano de la imagen por las siguientes expresiones:

$$r - r_0 = s_u u; \ c - c_0 = s_v v$$

Donde (r_0, c_0) es la posición pixel del punto principal O′ y las coordenadas (r, c) se consideran las filas y columnas del sensor imagen (CCD), es decir, los ejes x_c y y_c son elegidos de manera paralela a las direcciones de fila y columna, respectivamente. Manipulando las expresiones anteriores, llegamos a:

$$\frac{u}{f} = \frac{r - r_0}{f_u} = \frac{r_{1,1}x + r_{1,2}y + r_{1,3}z + t_1}{r_{3,1}x + r_{3,2}y + r_{3,3}z + t_3} \overset{def}{\longrightarrow} \dot{u}$$

$$\frac{v}{f} = \frac{c - c_0}{f_v} = \frac{r_{2,1}x + r_{2,2}y + r_{2,3}z + t_2}{r_{3,1}x + r_{3,2}y + r_{3,3}z + t_3} \overset{def}{\longrightarrow} \dot{v}$$

Donde definimos $(\dot{u}, \dot{v})$ a las coordenadas en el plano normalizado donde los parámetros se colocan con $z = 1$, $f_u = s_u f$ y $f_v = s_v f$ son llamados fila y columna de longitud focal. Si escalamos la cámara con respecto al punto focal, de tal manera que tanto la fila y columna focal sea igual a 1 y siendo una distancia "q" la relación de radio, entre $\left|\frac{fu}{fv}\right|$ es aproximadamente igual a q^{-1}. Sin embargo, errores de sincronización electrónica o la inclinación del sensor CCD, el radio $\left|\frac{fu}{fv}\right|$ no es exactamente a q^{-1}. Además, las cámaras convencionales producen una imagen rectangular con un radio cercano a 4/3 entre las dimensiones horizontales y verticales.

Con este modelo de cámara, el problema de calibración se reduce a: Dado un número suficiente de puntos visibles cuyas coordenadas del mundo (x_i, y_i, z_i) se conocen con cierta precisión, así como sus correspondientes posiciones de pixeles observados (r_i', c_i'), se debe estimar de manera óptima, los valores de la cámara interna o sus parámetros intrínsecos (r_0, c_0, f_u, f_v) y los parámetros externos o extrínsecos $(R \ y \ T)$ de la cámara, relacionados a la rotación y traslación de la misma. En general, la ubicación de los píxeles observados

en (r_i', c_i') no son iguales a las ubicaciones (r_i, c_i), debido a la adquisición, el ruido de la digitalización espacial y los errores de extracción de puntos.

Posteriormente, entre otros factores que se deben considerar y se focalizará este documento es la distorsión generada a través de la cámara a causa de la propia manufactura del lente óptico y que a lo largo de la historia se han presentado diversas soluciones al problema de calibración con esta consideración, siendo los primeros métodos clásicos de calibración los cuales se basan en el uso de patrones de puntos conocidos: Tsai-1987, Faugeras-1993, Batista-1998 y Zhang-2000.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, se expone el modelo de la distorsión que nos permite considerar los efectos reales de la lente en el sistema óptico de la cámara. En la sección 3 se describe las soluciones que se han ido proponiendo en la literatura. La sección 4 presenta las conclusiones.

2 El modelo de la distorsión

A lo que corresponde la distorsión geométrica de la lente, es el desplazamiento de la posición de los puntos de la imagen en el plano imagen, a causa del diseño y ensamble de los lentes en el sistema óptico de la cámara.

Distorsión radial: Las expresiones anteriores no son ciertas si consideramos dicha distorsión, por lo que es necesario reemplazarlas por expresiones que impliquen el error posicional.

$$u' = u + \delta_u(u,v); \qquad v' = v + \delta_v(u,v)$$

Donde u y v son las coordenadas de imagen no observables sin distorsión, u′ y v′ corresponde a las coordenadas con distorsión y como se indica en la ecuación, la cantidad de error posicional en cada coordenada depende de la posición del punto.

En general, la distorsión radial es causada por las imperfecciones de la forma del lente y se manifiesta asimismo como un error posicional radial. También esta distorsión es generada por el montaje incorrecto de la lente sobre la cámara y además ocasiona errores en la posición de los puntos, reflejándose este efecto en una distorsión tangencial, estos efectos se pueden observar a continuación:

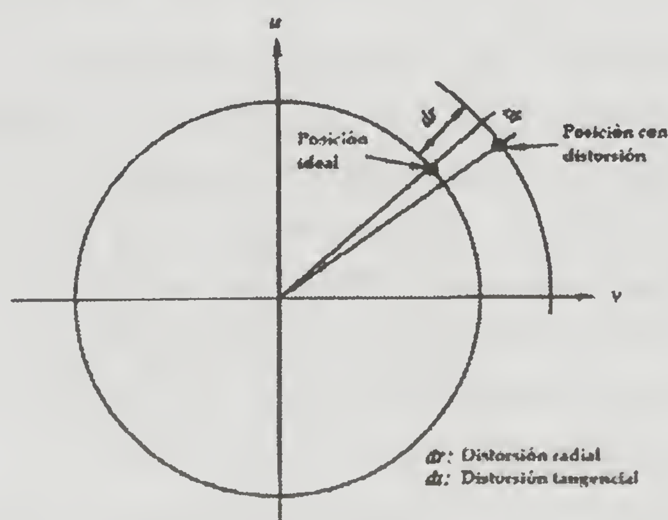


Figura 2. Efectos de la distorsión radial y tangencial. [1]

Esta distorsión es causada por el desplazamiento hacia adentro y afuera de un punto de la imagen desde su ubicación ideal. Este tipo de distorsión es principalmente causado por el defecto de curvatura radial de los elementos de la lente. Un desplazamiento radial negativo

(o distorsión de barril) de los puntos de la imagen causa que los puntos exteriores se agrupen cada vez más juntos y la escala disminuya. Un desplazamiento radial positivo (o distorsión de almohadilla) genera una distorsión similar a un cojín o almohada.

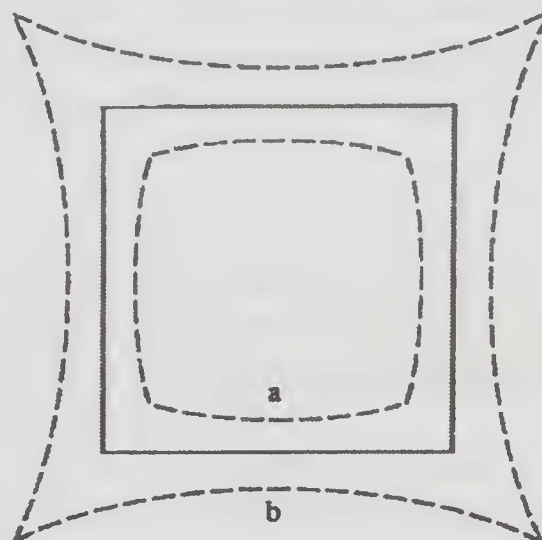


Figura 3. Efectos de la distorsión. Línea continúa sin distorsión.
Líneas punteadas con distorsión (a: negativa, b: positiva). [1]

Distorsión de desplazamiento: Un sistema óptico real está sujeto a diversos grados de desplazamiento o descentramiento, es decir, los elementos ópticos de los lentes no son exactamente colineales. Este tipo de distorsión tiene los componentes tanto radial y tangencial. La línea de referencia es conocida como el eje máximo de distorsión tangencial como se muestra en la figura 4:

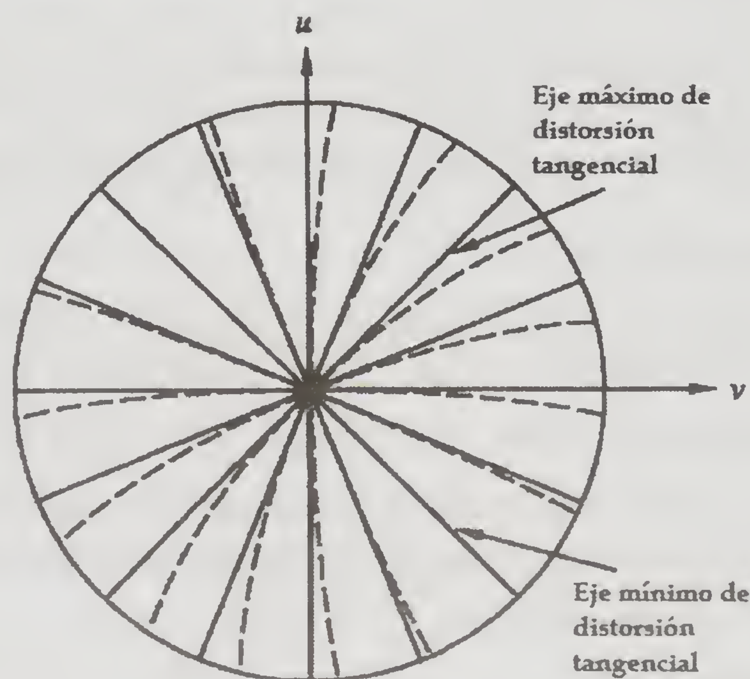


Figura 4. Efecto de la distorsión tangencial. Línea continúa sin distorsión.
Líneas punteadas con distorsión tangencial. [1]

Distorsión de cuerpo prismático: Este tipo de distorsión surge por las imperfecciones en el diseño y manufactura de la lente, así también en el ensamble de la cámara, es decir, una ligera inclinación de los elementos de la lente o el sensor de la imagen. Para modelar esta distorsión se debe considerar como un prisma fino al sistema óptico, lo que adiciona a la distorsión radial y tangencial.

3 Soluciones y Propuestas

Los métodos clásicos utilizan el conocimiento de la colocación de los puntos con respecto a un sistema de coordenadas exteriores a la cámara, siendo estas coordenadas 3D de los puntos que forman parten de un patrón conocido para reconstruir la imagen. Estos métodos clásicos de calibración se pueden agrupar dependiendo de ciertos criterios:

- Linealidad:
    - Las técnicas que contengan soluciones de ecuaciones de sistemas **lineales** son fáciles de implementar y rápidos computacionalmente: Abdel-Aziz y Karara-1971, Hall-1982, Faugeras-1993. [2]–[4]
    - Los métodos **no lineales** se obtienen las soluciones de manera iterativa, por lo que generalmente se necesitan una buena aproximación en las condiciones iniciales a partir de un método lineal. Por esta razón computacionalmente son más lentos, pero permiten resolver problemas complejos de la calibración porque incluyen un mayor número de parámetros: Tsai-1987, Faugeras-1993, Heikkila y Silvén-1996. [5], [4], [6]
- Valores de calibración:
    - Los valores de calibración **explícitos** se obtienen de cada uno de los parámetros que forman el modelo: Tsai-1987, Heikkila y Silvén-1996, Batista-1998. [5], [6], [7]
    - Los valores **implícitos** se calculan a través de matrices de transformación que contienen el conjunto de estos parámetros, pero no se pueden conocer el valor exacto de algunos: Faugeras-1993, Zhang-1998, Ahmed-1999. [4], [8], [9]
- Puntos del patrón en 2D y 3D:
    - Los puntos del patrón conocido que están en un mismo plano tienen la ventaja de reducir el ruido de las coordenadas del patrón, ya que una coordenada del espacio es nula: Tsai-1987, Batista-1998. [5], [7]
    - Para los puntos en 3D normalmente suelen ser adquisiciones sobre el mismo patrón variando la colocación del mismo o realizando movimientos de la cámara: Zhang-1998, Yu-1998. [8], [10]
- Proceso de calibración:
    - **En un solo paso**: En cada iteración del proceso de resolución se actualizan todos los parámetros a la vez: Faugeras-1993, Ahmed-1999. [4], [9]
    - **Multi-pasos**: En cada fase se obtiene un conjunto de parámetros y utilizando aproximaciones para aquellos que no se hayan calculado en los primeros pasos: Tsai-1987, Weng-1982, Batista-1998. [5], [1], [7]

Roger Tsai propuso en 1987 una serie de condiciones que deberían satisfacer los métodos de calibración de cámaras:

- **Autonomía:** No debe requerir de intervención humana, ni siquiera para la

introducción de datos iniciales aproximados o cualquier otro parámetro.

- **Precisión:** Los resultados del proceso deben tener un alto grado de precisión, por lo que debe incluir corrección de la distorsión de las lentes.
- **Eficiencia razonable:** Se debería usar algoritmos eficientes e implementación de alta velocidades.
- **Versatilidad:** Debería abarcar un gran abanico de posibilidades en cuanto a precisiones, configuraciones y aplicaciones.
- **Unica necesidad de cámara y lente estándar:** No debe requerir de cámaras profesionales o procesamiento de grandes equipos, de forma que la automatización sea imposible.

La investigación en calibración de cámara se ha centrado en cumplir y mejorar estas condiciones. El propósito de esta investigación es mostrar los avances que se ha tenido a lo largo de la historia, tomando como referencia el método clásico de calibración Tsai, siendo que, a partir de este punto, ha sido un trabajo para la inspiración conceptual del desarrollo de otros métodos y que forman parte de alguna(s) categoría(s) con los criterios ya mencionados. Al final de este artículo se mencionará brevemente las ventajas y desventajas de cada método de calibración.

3.1.- Método de Tsai (1987)

Una de las primeras referencias para resolver el problema de la calibración de cámaras y corregir la distorsión de la imagen, fue la propuesta de Tsai [5] en 1987. Se basa en el modelo pin-hole y para corregir la distorsión utiliza un sólo coeficiente, que corrige la distorsión radial. El sistema planteado contiene nueve incógnitas que se obtienen de forma explícita: seis parámetros extrínsecos (rotación y traslación del patrón) y tres intrínsecos (distancia focal, coeficiente de distorsión y factor de escala). Es un método multi-pasos, por lo cual tiene dos fases, usando la primera parte ecuaciones lineales y la segunda fase un método de optimización iterativa. De manera breve se describe estas dos fases:

1) Orientación del patrón, traslación (T_x, T_y) y factor de proporción (s_x): Inicialmente se hace la conversión de pixeles a milímetros en función de los valores que brinda el fabricante de la cámara y situando el centro del eje óptico en el centro de la imagen se obtienen las coordenadas u_d y v_d. En este paso se hace la suposición de una nula distorsión, por lo que se obtiene la equivalencia $\frac{u_d}{v_d} = \frac{X_c}{Y_c}$, que es una relación de las coordenadas transformadas del plano imagen e igual a las relaciones de las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas de la cámara, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$[v_d M^t \quad v_d \quad -u_d M^t]a = u_d$$

Siendo M las coordenadas del objeto en el sistema de coordenadas del mundo y, además:

$$a = \begin{bmatrix} s_x r_{11}/T_y \\ s_x r_{11}/T_y \\ s_x r_{11}/T_y \\ s_x r_{11}/T_y \\ s_x r_{11}/T_y \\ s_x r_{11}/T_y \\ s_x r_{11}/T_y \end{bmatrix}$$

Donde s_x indica la relación del tamaño entre la dimensión horizontal y vertical de un pixel. Resolviendo esta ecuación por mínimos cuadrados se puede extraer la información de la matriz de rotación, traslación y el factor de escala.

2) Cálculo de la distancia focal (*f*), el coeficiente de la distorsión (k_1) y traslación en la última coordenada (T_z): Para esta segunda fase se sigue suponiendo una nula distorsión para obtener la distancia focal y la traslación. Partiendo del modelo de pin-hole (la proyección sobre el plano imagen): $v_d = f\frac{Y_c}{Z_r + T_z}$, se obtiene la siguiente ecuación:

$$[Y_c - v_d]\begin{bmatrix} f \\ T_Z \end{bmatrix} = Z_r v_d$$

Al resolver dicha ecuación, obtenemos los valores que se utilizan para una primera aproximación inicial a un método de optimización, el cual podrá mejorar significativamente estos valores junto con el coeficiente de distorsión. Para esto, se intenta minimizar mediante un proceso iterativo la siguiente ecuación:

$$\frac{v_f - v_0}{d_y}(1 + k_1 r) - f\frac{Y_c}{Z_r + T_Z} = 0; con\, r = \left(\frac{u_f - u_0}{s_x d_x}\right)^2 + \left(\frac{v_f - v_0}{d_y}\right)^2$$

De acuerdo con Tsai, describe brevemente el procedimiento de la calibración, pero debido a la dificultad de obtener con precisión los parámetros de calibración menciona tres tipos de mediciones para lograrlo y que en esa sección sólo se hablará de una medición, por la extensión que representa cada una de las medidas.

Triangulación estereoscópica:

1) Se calibra una cámara usando; ya sea puntos coplanares o no-coplanares, una vista o mult-vista. Si la calibración es con una cámara de una sola vista, se repite el procedimiento de la calibración para conectarla con otra cámara (el propósito es usar una segunda cámara que proporcione la triangulación estereoscópica).

2) Se adquiere las coordenadas de imagen 2D para un conjunto de puntos prueba, cuyas coordenadas 3D son conocidos en relación con el mismo sistema de coordenadas 3D del mundo y que se usó para la calibración de los puntos, usando la cámara (o cámaras) en la misma posición de visualización.

3) Se calcula las coordenadas 3D de los puntos prueba anteriores en el sistema de coordenadas del mundo usando la triangulación estereoscópica.

4) La precisión de la calibración de la cámara se evalúa con la comparación de la diferencia entre las coordenadas 3D conocidas de los puntos prueba y las coordenadas calculadas en el paso tres. Esta comparación puede ser ya sea en el sistema de coordenadas del mundo 3D, o en el sistema de coordenadas de la cámara calculada.

Este método nos permite utilizar como patrón un diedro o un plano, para el segundo caso debe existir una inclinación de más de treinta grados con respecto al plano imagen de la cámara. Uno de los problemas que presenta este método es que se asume que el centro del eje óptico se encuentra en el centro de la imagen y otro de los inconvenientes es que sólo se mejoran los parámetros de obtenidos en la segunda etapa del método, mientras que (s_x, T_x, T_y, R) mantienen el error que se comente al estimarlos suponiendo desde un inicio que la distorsión es nula.

3.2.- Método de Weng (1992)

Otra de las referencias de este tema, es el trabajo conjunto de Juyang Weng, Paul Cohen y Marc Herniou [1] en 1992. Consideran la distorsión total retomando a los modelos presentados de la Sociedad Americana para la Fotogrametría y Detección Remota (ASPRS por sus siglas en inglés), presentando la distorsión total a lo largo de los ejes u y v:

$$\delta_u(u,v) = (g_1 + g_3)u^2 + g_4 uv + g_1 v^2 + k_1 u(u^2 + v^2)$$

$$\delta_v(u,v) = g_2 u^2 + g_3 uv + (g_2 + g_4)\, v^2 + k_1 v(u^2 + v^2)$$

Definiendo el coeficiente k_1 para la distorsión radial y de g_1 a g_4 los coeficientes de la distorsión tangencial, las expresiones anteriores nos permiten obtener un modelo completo de la cámara de la siguiente manera:

$$\frac{r_{1,1}x + r_{1,2}y + r_{1,3}z + t_1}{r_{3,1}x + r_{3,2}y + r_{3,3}z + t_3} = \hat{u} + (g_1 + g_3)\hat{u}^2 + g_4\hat{u}\hat{v} + g_1\hat{v}^2 + k_1\hat{u}(\hat{u}^2 + \hat{v}^2)$$

$$\frac{r_{2,1}x + r_{2,2}y + r_{2,3}z + t_2}{r_{3,1}x + r_{3,2}y + r_{3,3}z + t_3} = \hat{v} + g_2\hat{u}^2 + g_3\hat{u}\hat{v} + (g_2 + g_4)\hat{v}^2 + k_1\hat{v}(\hat{u}^2 + \hat{v}^2)$$

Es importante mencionar que este modelo de la cámara se consideró algunos tipos de distorsiones y falta considerar otras posibles distorsiones. Sin embargo, es innecesario hacer este tipo de consideración, en la práctica basta con utilizar las principales distorsiones. Además, podemos decir que el problema de la calibración se deriva al ajuste de las funciones polinomiales en los datos medidos de una imagen y por lo tanto tal ajuste polinómico puede extrapolarse a otros tipos de modelos de distorsiones.

Aunque este modelo es menos efectivo para otros casos, es decir, no se considera todas las características ópticas de la lente y el ensamble total de la cámara, pero un problema que este método considera es en obtener los suficientes números de puntos visibles (x_i, y_i, z_i) y su correspondiente localización de pixel, estimando de manera óptima los parámetros externos $(T, \alpha, \beta\ y\ \gamma)$ e internos $(r_0, c_0, f_u\, y\, f_v)$ sin distorsión:

$$m = (r_0, c_0, f_u, f_v, T, \alpha, \beta, \gamma)^T$$

Donde α, β y γ son parámetros independientes para la matriz de rotación R y el conjunto de parámetros de distorsión son:

$$d = (k_1, g_1, g_2, g_3, g_4)^T$$

Ahora el modelo completo de la cámara consiste en el conjunto de parámetros a estimar: el vector m que comprende los parámetros externos (rotación y traslación), los parámetros sin distorsión y el vector d con los parámetros internos de distorsión, por lo que podemos decir que dichas estimaciones no son lineales. Para obtener una solución aproximada del vector m, podemos asumir una solución cerrada para m, suponiendo a d = 0, es decir, una distorsión nula, por lo que se realiza una estimación lineal, en donde cada punto visible y su posición de pixel correspondiente dan dos ecuaciones lineales:

$$(r_i' - r_0)x_i r_{3,1} + (r_i' - r_0)y_i r_{3,2} + (r_i' - r_0)z_i r_{3,3} + (r_i' - r_0)t_3$$
$$-f_u x_i r_{1,1} - f_u y_i r_{1,2} - f_u z_i r_{1,3} - f_u t_1 = 0$$
$$(c_i' - c_0)x_i r_{3,1} + (c_i' - c_0)y_i r_{3,2} + (c_i' - r_0)z_i r_{3,3} + (c_i' - c_0)t_3$$
$$-f_v x_i r_{2,1} - f_v y_i r_{2,2} - f_v z_i r_{2,3} - f_v t_2 = 0$$

Los parámetros deben ser determinados con las ecuaciones presentadas, incluyendo los seis parámetros representados en la matriz R (tres grados de libertad) y el vector de traslación T, así como también cuatro parámetros internos r_0, c_0, f_u, f_v. Con estos diez parámetros desconocidos, se requieren al menos cinco puntos de control para dar con una solución. Sin embargo, la solución no siempre es exitosa aun teniendo más puntos disponibles, porque es una búsqueda iterativa de soluciones que no está garantizada. Para la solución directa, de forma cerrada a los parámetros de calibración sin la necesidad de usar un algoritmo iterativo, se define:

$$W_1 = f_u R_1 + r_0 R_3;\ W_2 = f_v R_2 + c_0 R_3;\ W_3 = R_3;\ \omega_4 = f_u t_1 + r_0 t_3;\ \omega_5 = f_v t_2 + c_0 t_3;\ \omega_6 = t_3$$

Donde la columna de los vectores R_1, R_2 y R_3 corresponde a las 3 filas de la matriz de rotación R. Entonces, este conjunto de ecuaciones que proporciona n puntos de control se puede expresar de la siguiente forma:

$$AW = 0$$

Donde:
A es la matriz de coeficientes del sistema homogéneo.
Existen dos condiciones que aquí se cumplen:

a) La norma del vector W_3 debe ser igual a la unidad, ya que W_3 es igual a la última fila de la matriz de rotación R.

b) El signo de w_6 corresponde al valor positivo o negativo si la cámara esta de enfrente o detrás respectivamente en el plano (x, y).

Y transformándolo en un sistema lineal no homogéneo: $A'W' + B' = 0$

Donde A′ es la matriz que consiste las once primeras columnas de A, B′ son las últimas columnas de A, y W′ corresponde al vector reducido desconocido. En presencia de errores, se puede resolver el vector W′ en el sistema lineal de mínimos cuadrados: $\min W' \|A'W' + B'\|$. Una vez determinado W, los parámetros se obtienen a partir de las dos condiciones ya mencionadas, obteniendo así:

$$S = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \end{pmatrix} = \pm \frac{1}{\|W_3\|} \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \\ \omega_6 \end{pmatrix}$$

La estimación por mínimos cuadrados es óptima, lo que nos conduce a una primera estimación de los parámetros del vector m, siendo estos parámetros sin distorsión, tanto internos como externos de la cámara.

De acuerdo con este método, con imágenes reales; la precisión de la calibración se mide con un punto de prueba que sirve como reconstrucción a través de la triangulación estereoscópica y de la misma forma al método de Tsai, es necesario tener dos cámaras y que se describe brevemente este proceso de calibración que ellos llevaron a cabo para sus resultados experimentales.

Configuración de calibración:

1. La configuración consiste en el montaje del patrón, esta imagen del patrón es tomado por un par de cámaras CCD. Este patrón fue hecho a medida en una placa de vidrio óptico ultra-plano por medio de un proceso fotográfico de alta precisión.

2. Se probó en dos tipos de lentes de cámara para la triangulación. El primero es con una distancia focal de *f = 25 [mm]*, teleobjetivo, y que da un campo de visión diagonal efectiva de aproximadamente 23 °. La segunda es una lente con distancia focal de *f = 8.5*, gran angular, que brinda un campo de visión diagonal efectiva de aproximadamente 64 °.

3. Durante la calibración, se estiman los parámetros intrínsecos-extrínsecos y los de sin distorsión, para cada una de las dos cámaras estereoscopias, utilizando el patrón conocido en forma de diamante.

4. Después de esta calibración, se utilizan estos parámetros para determinar la línea de retroproyección de cada punto de prueba de detección en el sistema de coordenadas del mundo. Y con la retroproyección de las dos cámaras, reconstruye la posición 3D de los puntos prueba en el sistema de coordenadas del mundo, logrando así la triangulación.

5. Cualquier error en la calibración de los parámetros se ve reflejado en la reconstrucción de la posición 3D de los puntos prueba.

Finalmente, los resultados que obtuvieron al modelar los efectos típicos de distorsión como: la radial, descentramiento y forma prismática, fue que en general una lente gran angular causa más distorsión que un teleobjetivo, por lo tanto, la corrección de distorsión es más importante para las lentes gran angular, cuya distancia focal es menor. También es

importante mencionar que, al lograr la corrección tangencial, mejora considerablemente la distorsión radial.

3.3.- Método de Mei (2004)

Posteriormente se publicó el trabajo de Christopher Mei y Patrick Rives [11] en 2004. En la cual se propone un enfoque para calibrar las cámaras desde cualquier punto omnidireccional, es decir, sin importar la posición de la cuadricula. Para este tipo de cámaras, generalmente se trata de un sistema de visión que proporciona una vista panorámica de 360°. Tal campo de visión se logra mediante el uso de sistemas catadióptricos, obtenidos mediante la combinación de espejos y cámaras convencionales, o el empleo de lentes de ojo de pez.

Este enfoque flexible permite calibrar las cámaras con las cuadrículas planas, desde un punto de vista único, pero basado en una función de proyección teórica de un modelo esférico, al que se agregan algunos parámetros adicionales de distorsión radial y tangencial para considerar los errores del mundo real.

Como los autores mencionan, las técnicas desarrolladas anteriormente fueron basadas en aproximaciones polinomiales que conducen a métodos de calibración poco prácticos a nivel computacional, siendo métodos no lineales iterativos. Su método conlleva desde la inicialización de los parámetros intrínsecos hasta la calibración general. Además, está disponible el software que desarrollaron de manera pública en la página del autor con resultados de pruebas experimentales en cámaras de espejos parabólicos, hiperbólicos y esféricos.

Su premisa de no utilizar demasiados parámetros en los modelos teóricos se basa en que dificultan a la minimización de las ecuaciones debido a numerosos mínimos locales, un gran manejo de datos y la inestabilidad numérica en el Jacobiano, por lo cual, redujeron el número de parámetros asumiendo que el error generado por la distorsión de imagen por el ensamblaje de lentes debe ser pequeña. Inicialmente los autores presentan una ligera modificación a un modelo de proyección conocida como Barreto-Geyer [12], [13], como podemos ver en la figura 5:

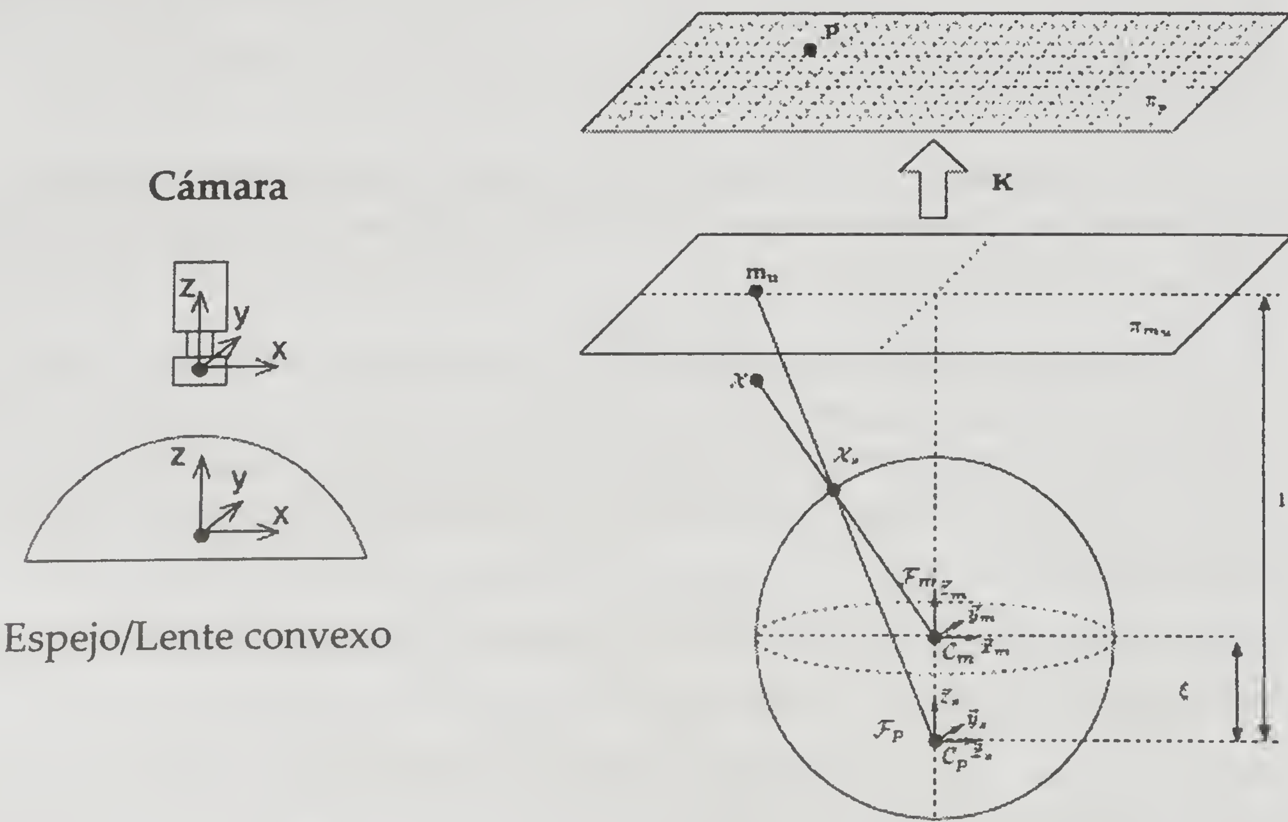


Figura 5. Modelo modificado de Barreto-Geyer.
Formación de imágenes unificadas. [11], [12], [13]

De este modelo podemos mencionar algunos aspectos importantes:

a) Los puntos del mundo en el marco del espejo se proyectan dentro de la esfera unitaria:

$$(x)_{Fm} \rightarrow (x_s)_{Fm} = \frac{x}{\|x\|} = (X_s, Y_s, Z_s)$$

b) Los puntos son cambiados a una nueva referencia del marco centrado:

$$C_p = (0,0,\xi), (x_s)_{Fm} \rightarrow (x_s)_{Fp} = (X_s, Y_s, Z_s + \xi)$$

c) Posteriormente se proyecta el punto en un plano normalizado:

$$m = \left(\frac{X_S}{Z_s + \xi}, \frac{Y_S}{Z_s + \xi}, 1\right) = \hbar(X_s)$$

d) La proyección final implica una matriz K de proyección de la cámara generalizada, con $[f_1, f_2]^T$ de distancia focal, (u_0, v_0) con el punto principal y la posición oblicua como α.

$$p = Km = \begin{bmatrix} f_1\eta & f_1\eta\alpha & u_0 \\ 0 & f_2\eta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} m; con\, \gamma_i = f_i\eta$$

Esta matriz de proyección de la cámara muestra una relación entre el sensor y la lente como un dispositivo global, es decir, que al momento de la calibración, los parámetros f y η no se pueden estimar de forma independiente, siendo η un valor específico para cada tipo de espejo: parábola, hipérbola y elipse. Después podemos decir que las transformaciones que intervienen y las incógnitas asociadas son:

a) La rotación y traslación de la cuadricula de referencia al marco de referencia del espejo (parámetros extrínsecos). Estos parámetros describen la transformación entre la cuadricula y la cámara, por lo que se propone utilizar los cuaterniones para parametrizar la rotación para las incógnitas.

b) La reflexión en el espejo y la proyección de los puntos en el plano normalizado (parámetro de espejo ξ).

c) La aplicación de la distorsión inducida por los lentes de la cámara (parámetros de distorsión k_i). En este caso se consideraron dos principales fuentes de distorsión: la *imperfección* de la forma de la lente y el *ensamble* mismo, generando una distorsión radial y tangencial, como se muestra a continuación:

$$L(p) = 1 + k_1\rho^2 + k_2\rho^4 + k_5\rho^6$$

$$dx = \begin{bmatrix} 2k_3xy + k_4(\rho^2 + 2x^2) \\ k_3(\rho^2 + 2y^2) + 2k^4xy \end{bmatrix}$$

d) Proyección en la imagen con la generalización de la matriz de proyección (parámetros intrínsecos).

Al final se obtiene una ecuación que se compone de las diferentes funciones de proyecciones y parámetros mencionados anteriormente. En el caso de las proyecciones se procede a la minimización, con el objetivo de reducir la distancia entre la proyección de cuadricula y los valores extraídos en la imagen con la utilización de los Jacobianos. Para la parte de los parámetros se basa en la minimización no lineal, con el método conocido "Levenberg-

Manquardt" [14], asumiendo que los errores debido a la distorsión son pequeños. Por último, los pasos que ellos proponen para la calibración con la cuadricula son:

- El usuario debe seleccionar un centro del espejo y un punto en el borde, los valores son estimados nuevamente para obtener el centro del círculo del punto principal. Ver figura 6.
- Después se debe seleccionar al menos tres puntos no radiales pertenecientes a línea en la imagen, desde este punto se estima la distancia focal γ. Ver figura 7.
- Para cada imagen de calibración, se le pide al usuario que seleccione cuatro esquinas y se estiman los parámetros extrínsecos. Ver figura 8.
- Se proyecta de nuevo la cuadricula y se realiza una extracción de precisión de pixel. Ver figura 9. Finalmente se puede realizar la minimización global.



Figura 6. Extracción del borde del espejo. [11]



Figura 7. Estimación de la distancia local desde la línea de puntos. [11]



Figura 8. Esquinas de la cuadrícula para inicializar los parámetros extrínsecos. [11]



Figura 9. Extracción de precisión en los pixeles. [11]

En conclusión, este método presenta el enfoque de calibración general para cámaras omnidireccionales. Los pasos de calibración son simples sin la necesidad de conocer los parámetros del espejo y estos resultados se confirmaron experimentalmente con la calibración de una amplia gama de sensores de cámaras.

3.4.- Método de Scaramuza (2006)

Para el año 2006 se publicó el artículo de Davide Scaramuzza, Agostino Martinelli y Roland Siegwart [15]. Siendo una propuesta de una técnica para la calibración de la cámara omnidireccional de punto de vista único. El concepto es similar al método de Mei y Rives, donde la cámara requiere observar un patrón plano en algunas orientaciones diferentes (figura 10), ya sea que la cámara o el patrón plano se puedan mover libremente, pero la única suposición es que la función de proyección de imágenes se puede describir a partir de una expansión polinomial de la serie de Taylor cuyos coeficientes representan los parámetros de calibración y se pueden estimar resolviéndolo con una minimización lineal de mínimos cuadrados.

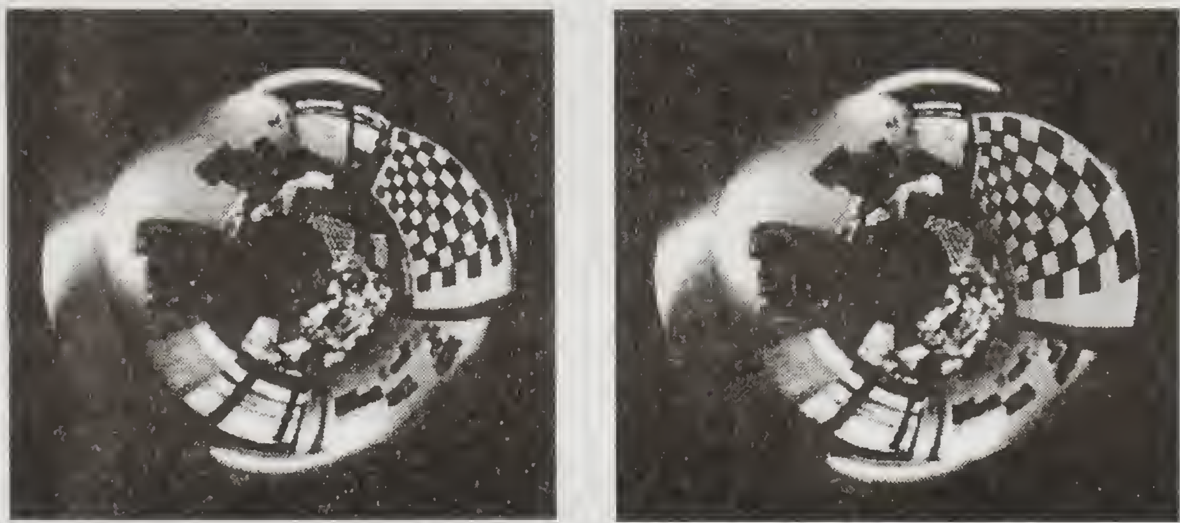


Figura 10. Algunas imágenes del patrón de calibración tomando diferentes orientaciones. [15]

Inicialmente se presenta el modelo general de la cámara omnidireccional, ya que el enfoque es diferente al modelo de pin-hole. Donde se identifica dos referencias distintas: el plano de la imagen de la cámara (u', v') y el plano del sensor (u'', v'').

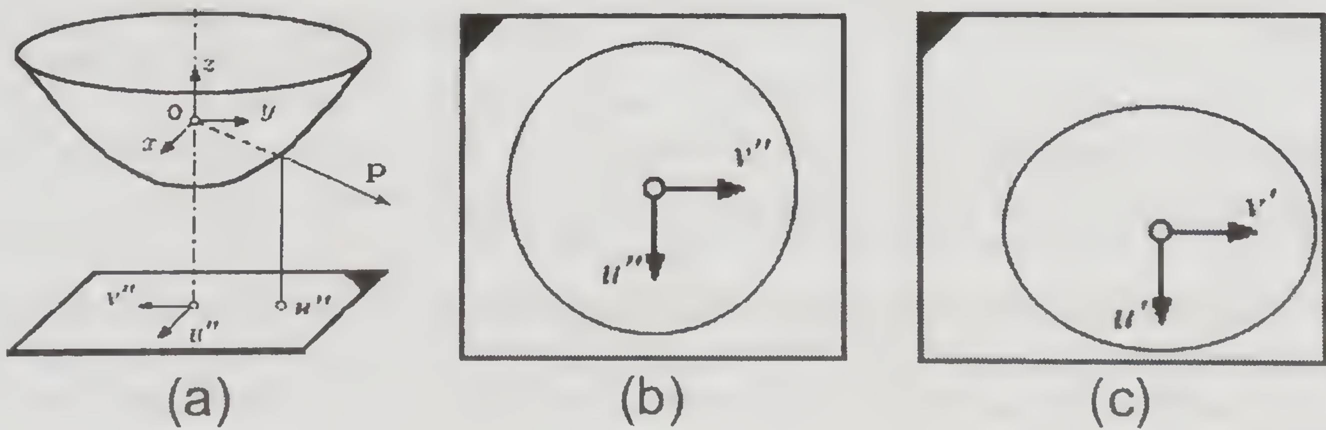


Figura 11. a) Sistema de coordenada catadióptrico. b) Plano del sensor, en coordenadas métricas. c) Plano de imagen, en coordenadas de píxeles. [15]

Todas las coordenadas se expresan en el sistema de coordenadas O, con el eje z alineado con el eje del sensor. De acuerdo con la figura 11, se observa que existe una relación por una transformación de coordenadas: $u'' = A \cdot u' + t$. Siendo la matriz A y t para la calibración de la cámara omnidireccional. Para reducir el número de parámetros a estimar, se debe calcular la matriz A y t hasta un factor de escala α, transformando la elipse del campo de visión en un círculo centrado en la elipse (ver figura 11 c).

Los autores proponen posteriormente una función *f* que sea un modelo paramétrico adecuado para los diferentes tipos de sensores y que compense cualquier desalineación entre el punto de enfoque del espejo y el centro óptico de la cámara. Siendo esta función, una expansión polinomial de la serie de Taylor de la siguiente forma:

$$f(u'',v'') = a_0 + a_1\rho'' + a_2\rho''^2 + \cdots + a_N\rho''^N$$

Donde los coeficientes $a_i, i = 0, 1, 2, \ldots N$, y el grado del polinomio N son los parámetros del modelo que determinan la calibración; $\rho'' > 0$ es la distancia métrica desde el eje del sensor. Luego en el procedimiento de la calibración, se muestra el patrón de geometría conocida en diferentes posiciones desconocidas, que están relacionadas con el sistema de coordenadas del sensor mediante la matriz de rotación $R = [r_1, r_2, r_3]$ y de traslación t, siendo estos parámetros extrínsecos; a $M_{ij} = [X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij}]$ las coordenadas 3D de los puntos en el sistema de coordenadas del patrón y $m_{ij} = [u_{ij}, v_{ij}]^T$ las correspondientes coordenadas de pixeles en el plano imagen. Además, si asumimos que el patrón es plano, podemos quitar en general las coordenadas en Z_{ij}, por lo que podemos obtener el modelo de la cámara como:

$$\begin{bmatrix} r_1^i \; r_2^i \; r_3^i \; t^i \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{ij} \\ Y_{ij} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1^i \; r_2^i \; t^i \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{ij} \\ Y_{ij} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto, para resolver la calibración de la cámara, los parámetros extrínsecos deben determinarse para cada postura del patrón de calibración. Posteriormente se procede a una expansión en la ecuación anterior, para obtener en cada punto del patrón de calibración, un conjunto de tres ecuaciones homogéneas y que puntualizando en una ecuación:

$$u_j \cdot (r_{21}X_j + r_{22}Y_j + t_2) - v_j \cdot (r_{11}X_j + r_{12}Y_j + t_1) = 0$$

En donde podemos observar que es una ecuación lineal, con los parámetros $r_{11}, r_{12}, r_{21}, r_{22}, t_1, t_2$. Por lo que el sistema de ecuaciones lo podemos separar y reescribir de la siguiente manera: $M \cdot H = 0$, donde $H = [r_{11}, r_{12}, r_{21}, r_{22}, t_1, t_2]^T$ y, además:

$$M = \begin{bmatrix} -v_1X_1 & -v_1Y_1 & -u_1X_1 & u_1Y_1 & -v_1 & u_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -v_LX_L & -v_LY_L & u_LX_L & u_LY_L & -v_L & u_L \end{bmatrix}$$

Después se puede obtener una estimación lineal de H, minimizando con el método de mínimos cuadrados: $min\|M \cdot H\|^2$. La solución de H se resume en la primera calibración de los parámetros extrínsecos para cada posición de la cuadricula de calibración, a excepción del parámetro de traslación t_3. Este parámetro puede ser calculado en pasos posteriores, con la estimación de la función de proyección de imagen.

Luego con las mismas ecuaciones homogéneas se procede a la solución de los parámetros intrínsecos $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_N$ donde describe la forma de la proyección de la imagen y al mismo tiempo se pretende estimar el parámetro t_3 en cada posición del patrón de calibración. Entonces, la solución de este nuevo sistema por cuadrados mínimos está determinada en la utilización de la matriz pseudoinversa.

Finalmente, para calcular mejor el grado polinomial N de la serie de Taylor, se inicia con el grado 2, se incrementa el valor de N y se calcula el valor promedio del error de re-proyección de todos los puntos de calibración; este procedimiento se detiene cuando se

encuentra un error mínimo. El proceso de calibración es similar al método de Mei, utilizando la cuadricula en diferentes posiciones, pero brinda las siguientes recomendaciones:

1. Acercar el patrón tanto como se pueda (ver las imágenes de muestra en la figura 12). Esto mejorará la calibración y aumentará las posibilidades de que la herramienta de extracción automática de tablero encuentre todas las esquinas. Se debe asegurar que cada esquina de la cuadrícula sea visible en cada imagen.

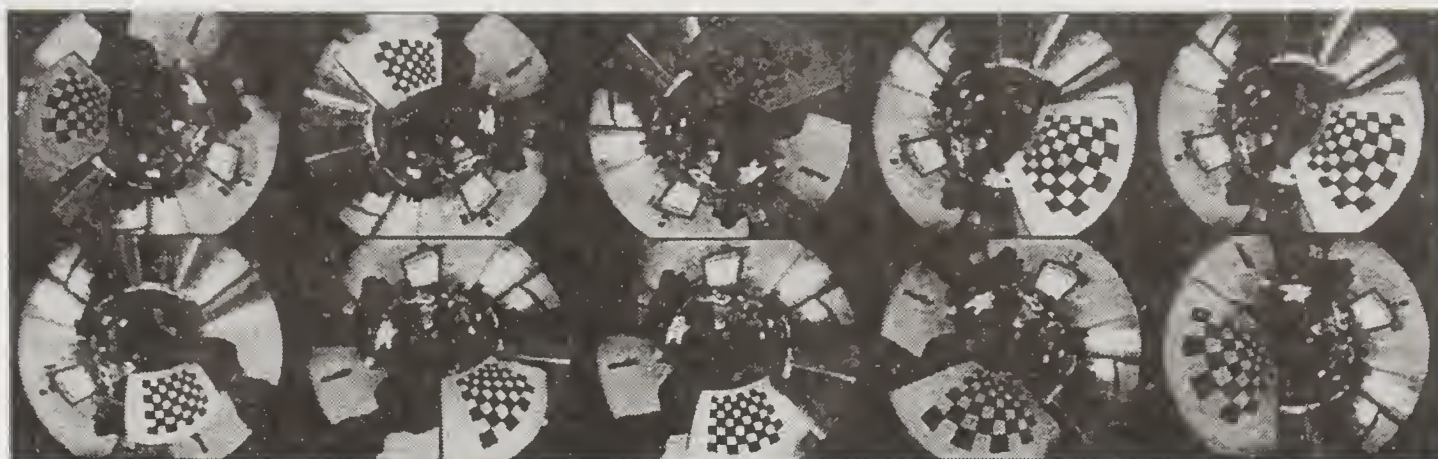


Figura 12. Ejemplo de calibración. [16]

2. Se deben tomar fotos del patrón que cubra toda el área visible de la cámara, por ejemplo, de todo el espejo. Al hacer esto, permite que la calibración compense las posibles desalineaciones entre la cámara y los ejes de los espejos. La segunda y más importante razón para hacer esto es que ayuda a la detección automática del centro de la imagen omnidireccional.

Con respecto a las otras técnicas que se basan en un modelo paramétrico específico de la cámara omnidireccional, este procedimiento es independiente del sensor y es flexible con la amplia gama de cámaras.

3.5.- Método de Ming (2017)

Uno de los trabajos más recientes fue el realizado por Ming y Shin [17] en 2017. El método que proponen se basa en que las características de una superficie sobre un objeto plano deben mantenerse plano después de la corrección de la distorsión. El método tradicional de Correlación de Imágenes Digitales 3D (DIC 3D, por sus siglas en inglés) utiliza múltiples cámaras para la medición, pero en este método se implementa la versión simplificada del DIC, lo cual permite utilizar solamente una cámara. DIC 3D, es una técnica óptica, de campo completo y sin contacto para medir el contorno, la deformación, la vibración y la tensión en casi cualquier material.

En este trabajo, hacen un análisis de las coordenadas 3D para determinar los coeficientes de corrección de la distorsión. La ventaja que tiene este enfoque es que la marca de calibración que normalmente se usan en los métodos tradicionales, no precisamente debe ser cuadriculada o una forma en particular, y que incluso puede ser en un solo punto al azar. Adicionalmente este método no sólo puede ser aplicado para la corrección de distorsión severa, sino también para la corrección de una ligera distorsión. La posición de la imagen formada por una lente convergente de un objeto antes y después de un movimiento lateral "e" se muestra en la siguiente figura:

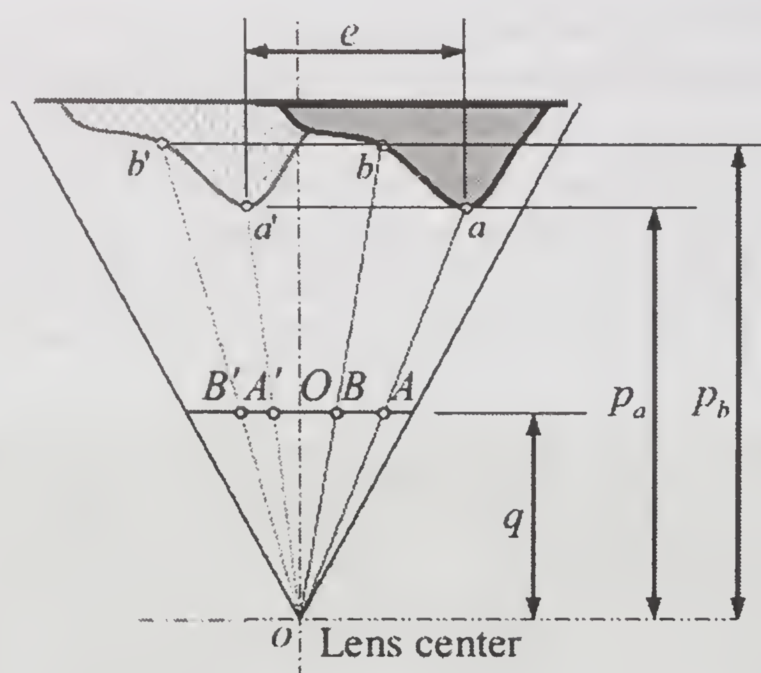


Figura 13. Formación de imágenes antes y después de un movimiento lateral. [17]

El desplazamiento medido real de la imagen $\overline{AA'}$ puede ser expresado con:

$$N_{AA'} = \gamma\left(\frac{q}{p_a}\right)e$$

Donde γ expresa el número de pixeles por longitud real, p y q es la distancia del objeto y la distancia de la imagen desde el centro de la lente, respectivamente. Tanto γ y q son constantes desconocidas, podemos redefinir estos valores a una nueva constante y podemos encontrar la distancia del objeto al punto "a":

$$p_a = \frac{e\Lambda}{\mathrm{N_{AA}}'}$$

Ahora este método supone que existen N puntos con diferentes distancias entre los objetos, dicha distancias entre estos puntos y el punto "a" es conocida. Entonces estas diferencias de distancia se pueden expresar como:

$$\Delta_i = p_i - p_a = \left(\frac{N_{AA'} - N_{II'}}{N_{AA'}N_{II'}}\right)\Lambda e, i = 1, \ldots N$$

Entonces la nueva constante definida, se puede expresar como:

$$\Lambda = \frac{\Delta_i}{e}\left(\frac{N_{AA'}N_{II'}}{N_{AA'} - N_{II'}}\right)$$

Podemos decir que la calibración del parámetro Λ puede obtenerse con sólo el conocimiento de una coordenada z de la diferencia Δ. Siendo Λ el único parámetro de la cámara que se necesita para calcular las coordenadas de z de los puntos medidos. Sin embargo, la variación de escala en la coordenada z no se ve afectada en la planaridad si la superficie medida es plana, por lo tanto, el propósito de la calibración de los coeficientes de corrección, no se requiere ningún parámetro de la cámara. Este método está basado en el concepto de la distancia de dos puntos simétricos en una imagen centrada que puede ser el mismo y esto podría usarse para calibrar la dirección del movimiento lateral, aun cuando exista una distorsión radial, que es la más importante para los autores de este método, debido a que

tiene más serios efectos. Ellos requieren medir las coordenadas no distorsionadas a partir de las mediciones de las coordenadas distorsionadas, siguiendo las siguientes expresiones:

$$x = (x' - x_0)(1 + k_1' r'^2 + k_2' r'^4 + k_3' r'^6 + k_4' r'^8 + \cdots) + x_0$$

$$y = (y' - y_0)(1 + k_1' r'^2 + k_2' r'^4 + k_3' r'^6 + k_4' r'^8 + \cdots) + y_0$$

Donde k_1', k_2', k_3', k_4' son los coeficientes de corrección de distorsión, y r'es la distancia medida desde (x', y') al centro óptico. Por lo tanto, se pretender seguir un proceso del cálculo de los coeficientes de la distorsión de la siguiente manera:

- El parámetro Λ es una constante que funciona como un factor de escala, esto no se ve afectado naturalmente por todos los puntos en el mismo plano. Entonces en el proceso de la calibración de Λ puede ser ignorado si solamente se necesita la corrección de distorsión.
- Las coordenadas 3D de todos los puntos se utilizan para determinar una regresión de la función del plano.
- Se calcula la suma de los cuadrados de las diferencias en la coordenada en z, y esta suma es definida como el error de planaridad.
- El trabajo de esta investigación utiliza el *método de gradiente* para ajustar los coeficientes de corrección con el objetivo de que el error sea mínimo.

El método del gradiente consiste en adoptar las coordenadas en un intervalo (de cero y miles) en la corrección de distorsión, con esto se logra una diferencia entre los coeficientes de corrección de hasta seis ordenes de magnitud, esto hace que sea una desventaja del método. Por esta razón, el análisis se utiliza en las coordenadas no distorsionadas, y las coordenadas de la imagen de los puntos normalizados entre -1 y 1. La teoría del gradiente para resolver esto, se describe de la siguiente manera:

a) Índice de optimización: El error cuadrático medio entre las coordenadas en z y las coordenadas de la regresión en el plano pueden ser definidos por un índice para medir la calidad de corrección:

$$Err = rms(Z_m - Z_r)$$

Donde Z_m es la medida en las coordenadas z y z_r son las coordenadas de la regresión del plano.

b) Se procede a la optimización:

   a. Se asume un conjunto de coeficientes de corrección de distorsión.

   b. Se debe calcular las coordenadas de imagen corregidas de todos los puntos.

   c. Posteriormente se calcula el espacio de coordenadas de todos los puntos.

   d. A partir del paso anterior, se debe encontrar una ecuación para la regresión del plano. Entonces, se calcula el espacio de coordenadas de todos los puntos en esta regresión.

   e. Después se calcula el error cuadrático medio como el índice de optimización.

   f. Se utiliza el método diferencial para buscar la aproximación de gradiente

para el índice de optimización.

g. Repetir los pasos anteriores hasta que el margen de error sea aceptable.

Para su prueba experimental llevaron a cabo los siguientes pasos de calibración:

1. El patrón que utilizaron está colocado sobre un banco de pruebas que les permite moverlo con una precisión de desplazamiento de 0.01 [mm]. La muestra plana se mueve 10 [mm] en la dirección x. Las imágenes de esta muestra, antes y después de este movimiento se capturan cuando la distancia focal de la lente se establece en 18 [mm], 24 [mm], 35 [mm] y 55 [mm], respectivamente.
2. La muestra se mueve ± 5 mm en la dirección z, y las imágenes en diferentes coordenadas z se toman para calibrar Λ.
3. Se selecciona un grupo de puntos de cuadrícula en una imagen. El lapso entre dos puntos de cuadrícula adyacentes puede ser arbitrario. Las coordenadas de estos puntos de cuadrícula en ambas imágenes se analizan mediante el DIC bidimensional. El método de corrección de distorsión propuesto se aplica para calcular el centro de distorsión y los coeficientes de corrección.
4. Las coordenadas de estos puntos de la cuadrícula son corregidas. El DIC 3D simplificado se utiliza para analizar las coordenadas 3D de estos puntos del patrón antes y después de la corrección.
5. Se examina la planitud de la imagen en varias distancias focales. Las coordenadas de todos los puntos del patrón antes y después de la corrección de la distorsión, se determinan usando el DIC 3D simplificado para evaluar el efecto de este método de corrección.

Los autores de este trabajo concluyen que es necesario obtener una mayor cantidad de puntos de medición para adoptar este método debido a que el error para las coordenadas a corregir se puede disminuir al mismo nivel que el error de medición. Además, observaron las coordenadas 3D de las superficies antes y después de la corrección de los datos experimentales del laboratorio y encontraron que con una distancia focal de 35 mm o menos, la forma de la imagen es cóncava hacia arriba y con una distancia focal de 55 mm, la forma se vuelve cóncava hacia abajo, es decir, la distorsión de la imagen pasa de una distorsión de barril a una distorsión de almohadilla. Al final de la corrección, las coordenadas 3D mejoran significativamente, y la superficie es cercana a un plano como podemos observar en la siguiente figura:

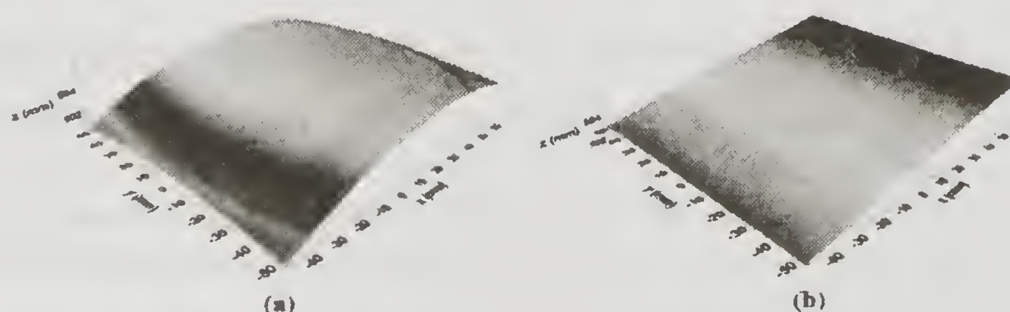


Figura 14. Corrección de la distorsión.
a) Coordenadas 3D en una superficie cóncava.
b) Coordenadas en una superficie casi plana. [17]

4 Conclusiones

El método de Tsai como ya se mencionó, fue el primer trabajo realizado para la calibración de cámaras, en el cuál suele utilizarse como punto de comparación cuando se propone un nuevo método. Debido a las condiciones no-ideales (ruido), en los resultados experimentales, el autor observó un gran porcentaje de error en los parámetros estimados (centro del eje óptico, distancia focal, etc.), es por esta razón que, si no se conocen con exactitud esos parámetros para utilizarlos en una aproximación inicial, no es aconsejable el uso de este método. Pero cabe destacar que tiene un excelente comportamiento a la hora de incluir lentes de alta distorsión.

Por esta razón, el método que se adapta mejor a estas condiciones no-ideales es el de Weng porque considera a los parámetros de distorsión y no-distorsión, que estén desacoplados del procedimiento, para que en mayor medida se anule las interacciones perjudiciales, lo que hace que la optimización no lineal sea más estable. La ventaja que tiene este método es que utiliza sus propias estimaciones iniciales usando una solución cerrada para los parámetros que no son de distorsión. Pero debido a que modela tres efectos principales de la distorsión en cinco parámetros que contienen hasta términos de tercer orden, hacen que computacionalmente no sea eficiente.

Los métodos de Mei y Scaramuza están enfocados en el uso de cámaras omnidireccionales. La principal ventaja de este tipo de cámaras es su amplio campo de visión que les permite tener una vista de toda la escena. Se han utilizado en áreas como vigilancia, seguimiento, navegación visual, localización simultánea y mapeo del entorno (SLAM por sus siglas en inglés), fotogrametría, redes de cámaras, reconstrucción del patrimonio cultural, etc.

Tanto Mei y Scaramuzza proponen un enfoque flexible para calibrar las cámaras desde un punto de vista individuales de cuadrículas planas, pero basado en una función de proyección teórica (del modelo esférico) al que se agregan algunos parámetros de distorsión radial y tangencial para considerar el mundo no lineal. Ambos modelos tienen un concepto similar pero la diferencia está en que el método de Scaramuzza modela la función de proyección de imágenes con una expansión polinomial de la serie de Taylor en donde estos coeficientes representan los parámetros de calibración y así poderlos solucionar con mínimos cuadrados. En el caso del método de Mei se lleva a cabo una minimización no lineal de manera óptima, porque se reduce el número de parámetros a estimar asumiendo que la distorsión de la imagen debe ser pequeña y por lo tanto no se requieren modelar tantos coeficientes de calibración.

Finalmente, el método de corrección de la distorsión de Ming realizado el año 2017, se basa en el hecho de que una superficie plana debe mantenerse plana cuando se mide, utilizando una técnica de medición digital de imágenes tridimensionales. La técnica de medición de imágenes 3D digital adoptada en esta investigación resulta el método simplificado de correlación de imágenes 3D (DIC). Debido a que, para los autores, la distorsión radial tiene una influencia más notable que otros tipos de distorsiones, este método solo trata con la distorsión radial. También tiene grandes ventajas sobre los métodos anteriores, debido a que se adapta a condiciones grandes y pequeñas de distorsion. Además, que la marca que se utiliza en el método no necesariamente tiene que ser una cuadrícula o una forma en particular, e incluso puede ser solo un punto al azar.

Agradecimiento: Se agradecen los comentarios y observaciones del Ing. Claus Rosito

REFERENCIAS

[1] J. Weng, P. Cohen, and M. Herniou, "Camera Calibration with Distortion Models and Accuracy Evaluation." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, p. 16, 1992.

[2] Y. Abdel-Aziz and H. Karara, "Direct linear transformation into object space coordinates in close-range photommetry." Symposium on Close-Range Photogrammetry, p. 18, 1971.

[3] E. Hall, J. Tio, C. McPherson, and F. Sadjadi, "Measuring curved surfaces for robot vision." Computer Journal, pp. 42–54, 1982.

[4] O. Faugeras, "Three-dimensional computer vision: a geometric viewpoint." MIT Press, 1993.

[5] B. K. P. Horn, "Tsai's Camera Calibration Method Revisited," *Online: http://people.csail.mit.edu/bkph/articles/Tsai_Revisited.pdf*, vol. i, p. 123, 2000.

[6] J. Heikkila and O. Silvén, "Calibration procedure for short focal length off-the-shelf ccd cameras." The 13th International Conference on Pattern Recognition, pp. 166–170, 1996.

[7] J. Batista, "Explicit monoplane camera calibration." nstitute of Systems and Robotics, University of Coimbra, Portugal., 1996.

[8] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration." Microsoft Research, Microsoft Corporation, 1998.

[9] M. Ahmed, E. Hemayed, and A. Farag, "Neurocalibration: a neural network that can tell camera calibration parameters." IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 463–468, 1999.

[10] W. Yu, Y. Lee, and M. Chung, "Self calibration of focal length and rotation parameters using cross ratio." Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1828–1833, 1998.

[11] C. Mei and P. Rives, "Single View Point Omnidirectional Camera Calibration from Planar Grids," *Proc. 2007 IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, pp. 3945–3950, 2004.

[12] J. P. Barreto and H. Araujo, "Issues on the geometry of central catadioptric image formation," *CVPR*. 2001.

[13] C. Geyer and K. Daniilidis, "A unifying theory for central panoramic systems and practical implications." ECCV, 2000.

[14] J. More, "The Levenberg-Marquardt Algorithm, Implementation, and Theory". Numerical Analysis, G.A., editorial Springer-Verlag, 1977.

[15] D. Scaramuzza, A. Martinelli, and R. Siegwart, "A flexible technique for accurate omnidirectional camera calibration and structure from motion," *Proc. Fourth IEEE Int. Conf. Comput. Vis. Syst. ICVS'06*, vol. 2006, no. Icvs, p. 45, 2006.

[16] D. Scaramuzza, "OCamCalib: Omnidirectional Camera Calibration Toolbox for Matlab - Davide Scaramuzza." [Online]. Available: https://sites.google.com/site/scarabotix/ocamcalib-toolbox. [Accessed: 10-Apr-2018].

[17] M. H. Shih and S. H. Tung, "A method for correcting radial distortion based on verifying the planarity of specimens," *Sadhana - Acad. Proc. Eng. Sci.*, vol. 42, no. 11, pp. 1943–1952, 2017.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Las siguientes *Instrucciones para los autores* constituyen el reglamento de publicaciones de los ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTIFÍCA ARGENTINA.

1) Generales

Los ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTÍFCA ARGENTINA constituyen una revista multidisciplinaria, fundada en 1876, que considera para su publicación trabajos de cualquier área de la ciencia.

Los originales deben ser enviados al director, a Av. Santa Fe 1145, Buenos Aires, CP.:1059, República Argentina, en tres copias en papel, a dos espacios, tamaño carta, acompañados de su correspondiente CD. Los CD deberán estar rotulados con el nombre del autor o del primer autor si son varios haciendo constar el sistema computacional usado para grabar el mismo, el tipo y versión del procesador utilizado y nombres de los archivos.

Los autores serán notificados de inmediato de la recepción de sus originales. Dicha notificación no implica la aceptación del trabajo. Los originales son enviados a uno o más 'arbitros, quienes asesoran al director y a la comisión de redacción acerca de la aceptación, rechazo o sugerencia de modificaciones. La decisión final respecto a la publicación o no del trabajo es solamente responsabilidad del director.

Los originales remitidos para su publicación en los ANALES deben ser inéditos y no hallarse en análisis para su publicación en otra revista o cualquier otro medio editorial.

Todo trabajo aceptado en los ANALES no podrá ser publicado en otro medio gráfico sin previo consentimiento de la dirección.

Los ANALES se reservan el derecho de rechazar sin más trámite a aquellos originales que no se ajusten a las normas expuestas en la presente guia de *Instrucciones para los autores.*

Los ANALES constan de las siguientes secciones:

-artículos de investigación
-notas breves de investigación
-articulos de revisión y/o actualización
-editoriales
-recensiones
-cartas a la dirección
-informaciones del quehacer de la SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA
-informaciones científicas y acádemicas de interés general

Los autores, al remitir sus trabajos, deberán hacer constar la sección, a la que según su juicio, corresponden sus aportes y consignar claramente la dirección postal, teléfono, fax y dirección electrónica (si la tuviere) a la cual se remitirá toda información corceniente al original.

2) Originales

Los ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA publicarán trabajos escritos en los idiomas: español, francés, inglés y portugués.

Los originales deberán respetar la siguiente estructura:

1ª pagina:

-Título del trabajo: no mayor de veinticinco (25) palabras
-Nómina de los autores, institución o instituciones a la que pertenecen cada uno de ellos.
-Institución en la que se llevó a cabo el trabajo en el caso que difiera de la institución de pertenencia.
-Domicilio postal y electrónico (si lo tuviere)

2ª página:

-Resumen en idioma español de no más de 400 palabras, con su correspondiente traducción al inglés. La traducción al inglés deberá incluir el título del trabajo cuando éste haya sido escrito en español y viceversa, si el trabajo se halla escrito en inglés el resumen en español deberá incluir la traducción del título.
-La inclusión de resumenes en francés y portugués es facultativa de los autores.
-Palabras claves para el registro bibliogáfico e inserción en bases de datos, en español e inglés.

En las páginas siguientes se incluirán las secciones Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Referencias. A continuación se agregarán las tablas con sus títulos, leyendas de las figuras y gráficos y finalmente las figuras y gráficos preparados como se indica más abajo.

El tipeado del manuscrito deberá hacerse a doble espacio en papel tamaño carta (aprox. 21 cm x 29cm), dejando 3 cm de márgenes izquierdo, superior e inferior, debiéndose numerar secuencialmente todas las páginas.

No se aceptará la inserción de notas de pie de página. Cuando ello sea necesario, se deberá incluir tales notas en el mismo texto.

Se recomienda emplear el Sistema Métrico Decimal de medidas y las abreviaturas universales estándar.

Solo se permitirá el empleo del Sistema Internacional de Unidades para las medidas.

Como regla general no se deberá repetir la misma información en tablas, figuras y texto. Salvo en casos especiales que justifiquen alguna excepción se aceptará presentar esencialmente la misma la información en dos formas simultáneas.

Cada sección se numerará consecutivamente, recomendándose no emplear subsecciones.

3) Tablas

Las tablas deben prepararse en hojas aparte y a doble espacio. Las mismas incluirán un título suficientemente aclaratorio de su contenido y se indicarán en el texto su ubicación, señalándolo con un lápiz sobre el margen izquierdo.

Cada tabla se numerará consecutivamente con números arábigos. Solo se deberá incluir en las tablas información significativa, debiéndose evitar todo dato accesorio y/o que pueda ser mejor informado en el mismo texto del trabajo.

Cada tabla se tipeará en hoja separada.

Los títulos de las filas y las columnas deben ser lo suficientemente explícitos y consistentes, pero al mismo tiempo se recomienda concisión en su preparación.

4) Ilustraciones

Las ilustraciones (gráficos y fotografías) deberán ser de suficiente calidad tal que permitan una adecuada reproducción debiéndose tener en cuenta que la reproducción directa de los mismos conlleva una relación entre 1:2 y 1:3. Todas las ilustraciones se numerarán consecutivamente y en el reverso de las mismas se indicarán con lápiz blando el nombre de los autores, el número de la misma y cuando corresponda la orientación para su pertinente impresión.

Los títulos de las ilustraciones se tipearán en hoja aparte, debiéndose denotar el posicionado de las mismas en el texto por medio de una indicación con lápiz en el margen izquierdo.

Las dimensiones de las ilustraciones no deberán exceder las de las hojas del manuscrito y no se deberán doblar.

Los gráficos se dibujarán con tinta china sobre papel vegetal de buena calidad y por los mismos medios se incluirán los símbolos, letras y números correspondientes. No se deberá tipear símbolo, letra o número alguno en los gráficos y fotografías.

Enviar un original y dos copias de cada ilustración. Las fotografias solo se podrán enviar en blanco y negro, ya que que no es posible imprimir fotografias en otros colores.

Cada ilustración se presentará en hoja separada.

5) Referencias

Los ANALES adoptan el sistema de referencias por orden, el cual consiste en citar los trabajos en el orden que aparecen por medio de número cardinal correspondiente. Los libros se indicarán en la lista de referencias citando el/los autor/es, título, edición. editorial, ciudad, año y página inicial. Para indicar capítulo de libro se añadirá a lo anterior el título del mismo y el nombre del editor.

El listado de referencias se tipeará en hoja separada y a doble espacio. Se recomienda especialmente a los autores emplear las abreviaturas estándar sugeridas por las propias fuentes.

Solo se admitirán citas de publicaciones válidas y asequibles a los lectores por los medios normales debiéndose evitar recurrir a informes personales, tesis, monografías, trabjos en prensa, etc., de circulación restringida.

Lo que sigue son algunos ejemplos de citas bibliográficas en la lista de referencia:

Publicación periódica: A. M. Sierra y F. S. Gonzalez, J. Chem. Phys. 63 (1977) 512.

Libro: R. A.. Day, How to write and publish a Scientific paper, Second Edition, ISI Press, Philadelphia, 1983, p 35.

Capítulo del libro: Z. Kaszbab, Family Tenebrionodae en W. Wittmer and Buttiper (Eds.) Famma of Saudi Arabia, Ciba-Geigy, Basel, 1981, p3-15.

Conferencia o Simposio: A. Ernest, Energy conservation measures in Kuwait buildings. Proccedings of the First Symposium on Thermal Insulation in the Gulf States, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait, 1975, p 151.

Se recomienda revisar cuidadosamente las citas en el texto y la lista de referencias a los efectos de evitar inconsistencias y/u omisiones.

Pruebas: todo artículo deberá ser revisado en la forma de prueba de galera por el autor indicado en la carta de presentación del trabajo, la cual se devolverá debidamente corregida a las 72 horas de recibida a la redacción de los ANALES. No se admitrá en forma alguna alteración sustancial del texto y en caso imprescindible se procederá a la inclusión al final del trabajo de lo que correspondiera bajo el título de " Nota agregada en la prueba".

ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTÍFICA ARGENTINA

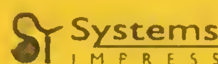
www.revistaanalessca.wordpress.com

Órgano de la Sociedad Científica Argentina.

Revista fundada el 14 de diciembre de 1875, cuyo primer número apareció el 14 de enero de 1876.

Se viene editando continuadamente desde esta fecha.

Impreso por:



Uruguay 827 - Capital Federal - stms@fibertel.com.ar

Buenos Aires, DICIEMBRE 2018

ISSN 0037-8437

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

AÑO 2018 - VOLUMEN 264 - Nº 4

SUMARIO Pág.